

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

"ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE INHIBICION Y DISPERSION DE ARCILLAS PARA MEJORAR UN LODO DE PERFORACIÓN APLICADO EN MUESTRAS DE LAS FORMACIONES ORTEGUAZA, TIYUYACU Y TENA DEL BLOQUE TARAPOA"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETROLEOS

Presentada por:

LUIS ALEX CARVAJAL SANTIN

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2004

AGRADECIMIENTO

Al personal de Qmax Ecuador S.A., quienes dieron las facilidades para la realización del presente trabajo de Tesis.

Un especial agradecimiento al Ing. Rafael Rodriguez, Kevin King, Chris Napier, Fanny Vasquez y Jose Antonio Vallejo por el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres, Jose Ignacio Carvajal y Rosa Santin de Carvajal.

A mi tío, Raul Carvajal.

A mis hermanas, Taty, Jinny y Yoyis.

A mis amigos Jenniffer, Guillermo y Anita.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Ricardo Gallegos O.
DECANO FICT
PRESIDENTE

Ing. Daniel Tapia.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Rafael Rodriguez.
VOCAL

Ing. Hector Roman
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

____

ALEX CARVAJAL SANTIN

RESUMEN

Uno de los mayores problemas durante la perforación es el atravesar formaciones de arcilla. Estas lutitas reaccionan en contacto con el agua, dando lugar a la expansión de su estructura y consecuentemente provocando un hinchamiento de las mismas. Cuando las arcillas se hinchan, el diámetro del hueco perforado disminuye y las paredes del hueco se desmoronan provocando graves complicaciones durante la perforación. Por esta razón, se ha tratado de implementar un lodo que pueda minimizar las reacciones de las arcillas cuando estas tienen contacto con el agua, inhibiéndolas.

Después de largos estudios sobre la química de las arcillas se llegó a la conclusión que se puede evitar el hinchamiento de estas utilizando sus propias características. La propiedad más importante para inhibir arcillas es la: “Propiedad de Intercambio Catiónico”; la cual consiste en intercambiar un cation de mayor radio iónico por un cation de menor radio iónico. Cuando ocurra este intercambio en la estructura de las arcillas, se lograra minimizar el hinchamiento. El cation de intercambio que se va a analizar en este estudio es el Potasio (K).

El objetivo de este estudio es mejorar un lodo de perforación basándose en el análisis de inhibición y dispersión de las arcillas utilizando muestras de las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena del bloque Tarapoa, y como elemento principal para lograr este objetivo diferentes fuentes de Potasio.

El estudio comienza con el análisis de inhibición de las arcillas utilizando la Prueba de Tiempo de Succión Capilar (CST). Las soluciones que se requieren para el análisis de

inhibición son: Nitrato de Potasio y Sulfato de Potasio, variando sus concentraciones y pH. Una vez realizado este análisis, se puede observar el comportamiento que tuvieron las arcillas Orteguaza, Tiyuyacu y Tena, y se escogen las mejores tendencias para luego continuar con el análisis de dispersión utilizando otra fuente de Potasio llamada SCAL.

El SCAL es una fuente de Potasio que se va a utilizar en combinación con las mejores soluciones obtenidas en el análisis de inhibición para realizar el análisis de dispersión de las arcillas. El análisis de dispersión consiste en la formulación de lodos variando las concentraciones de SCAL y combinándolas con las soluciones ya analizadas en el estudio de inhibición. Después de este análisis, se escogió el lodo con menor porcentaje de dispersión y se lo comparo con el lodo que se utiliza actualmente en el campo obteniendo resultados favorables con altos porcentajes de mejora para cada formación, en especial para la formación Orteguaza.

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRAFICOS

SIMBOLOGIA

μm:	Micras.
SiO_4:	Oxido de Silicio.
pH:	Potencial Hidrogeno.
m^2/g:	Metros cuadrados por gramo.
A^o:	Angstroms.
(OH):	Grupo oxidrilo.
K:	Potasio.
Al:	Aluminio.
Mg:	Magnesio.
Fe:	Hierro.
O:	Oxigeno.
Si:	Silicio.
H:	Hidrogeno.
Ca:	Calcio.
Na:	Sodio.
Cr:	Cromo.
Mn:	Manganesio.
Ni:	Nickel.
Cu:	Cobre.
Zn:	Zinc.
CIC:	Capacidad de Intercambio Cationico.
meq/100 g:	Miliequivalentes por cada 100 gramos.

MD: Measured depth.

TVD: True Vertical Depth.

Wt: Contenido de agua.

g/cc: Gramos por centimetro cubico.

MBT: Methylene Blue Test.

BHA: Bottom Hole Assembly.

WOB: Weight on Bit.

ROP: Rate of Penetration.

POOH: Pull out of Hole.

RIH: Run in Hole.

TIH: Take in Hole.

bbl: Barril.

KNO_3: Nitrato de Potasio.

K_2SO_4: Sulfato de Potasio.

SCAL: Fuente de Potasio.

ppm: Partes por Millon.

CST: Capillary Suction Timer.

^oC: Grados Centigrados.

ml: Mililitros.

KOH: Hidroxido de Potasio.

$NaClO_4$: Perclorato de Sodio.

Seg: Segundos.

Wi: Peso Inicial de la muestra.

Wf: Peso Final de la muestra.

ppb : Pounds per barrel.

RPM:	Revoluciones por minuto.
VP:	Viscosidad Plastica.
YP:	Yield Point.
FL:	Fluid Loss.
gr:	Gramos
^oF:	Grados Fahrenheit.
API:	American Petroleum Institute.
lb/100 $pies^2$:	Libra por cada 100 pies cuadrados.
AV:	Apparent Viscosity.
seg/1000 cm^3:	Segundos por 1000 centimetros cubicos.
seg/qt:	Segundos por cada cuarto de galon.
ppg:	Libras por galon.
psi/pie:	Libra por Pulgada Cuadrada por cada Pie.
pcf:	Pounds per cubic feet.
pe:	Peso Especifico.
cm^3:	Centimetros cubicos
NaOH:	Hidroxido de Sodio.
N:	Normalidad.
H_2SO_4:	Acido Sulfurico.
CO_2:	Dioxido de Carbono.
KCl:	Cloruro de Potasio.
cp:	Centipoise.
ft:	Pies.
KOP:	Kick off Point.
PHB:	Pre-Hydrated Bentonite.

$CaNO_3$:	Nitrato de Calcio.
TD:	Total Depth.
gal:	Galones.
Jugs:	Canecas o jarros.
Sx:	Sacos.
Drum:	Barril.
Pails:	Baldes.

INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas durante la perforación es el atravesar formaciones de arcilla. Estas lutitas reaccionan en contacto con el agua, dando lugar a la expansión de su estructura y consecuentemente provocando un hinchamiento de las mismas. Cuando las arcillas se hinchan, el diámetro del hueco perforado disminuye y las paredes del hueco se desmoronan provocando graves complicaciones durante la perforación. Por esta razón, se ha tratado de implementar un lodo que pueda minimizar las reacciones de las arcillas cuando estas tienen contacto con el agua, inhibiéndolas.

Después de largos estudios sobre la química de las arcillas se llego a la conclusión que se puede evitar el hinchamiento de estas utilizando sus propias características. La propiedad más importante para inhibir arcillas es la: "Propiedad de Intercambio Catiónico"; la cual consiste en intercambiar un cation de mayor radio ionico por un cation de menor radio ionico. Cuando ocurra este intercambio en la estructura de las arcillas, se lograra minimizar el hinchamiento. El cation de intercambio que se va a analizar en este estudio es el Potasio (K).

El objetivo de este estudio es mejorar un lodo de perforación basándose en el análisis de inhibición y dispersión de las arcillas utilizando muestras de las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena del bloque Tarapoa, y como elemento principal para lograr este objetivo diferentes fuentes de Potasio.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE ARCILLAS Y PROBLEMAS ASOCIADOS A LA INHIBICION Y DISPERSION.

Para el desarrollo de este capitulo se utilizaron conceptos, tablas y gráficos tomados de diferentes textos, para de este modo obtener una base teórica a fin de realizar el análisis en laboratorio de las arcillas.

1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ARCILLAS.

“Las formaciones más comunes que se perforan son arcillas y lutitas, donde la cantidad y tipo de minerales de arcilla presentes son las características más importantes que determinan las propiedades químicas y mecánicas de la roca”(4). Por este motivo, muy a menudo la selección del fluido de perforación esta relacionada con las reacciones entre el fluido y la roca, ya que esta influye en la estabilidad del hueco.

“La mayoría de las formaciones que contienen areniscas poseen alguna cantidad de minerales arcillosos, los cuales pueden reaccionar con los fluidos inclusive bloqueando la formación o disminuyendo la permeabilidad considerablemente” (4). Por estas razones, el estudio de las arcillas es vital para la preparación de los fluidos que van a estar en contacto con zonas productoras.

1.1.1 DEFINICION Y ORIGEN DE LAS ARCILLAS.

El termino arcilla no solo tiene connotaciones mineralógicas, sino también de tamaño de partícula, en este sentido se consideran arcillas “todas las fracciones con un tamaño de grano inferior a 2 μm” (13). Según esto todos los filosilicatos pueden considerarse verdaderas arcillas si se encuentran dentro de dicho rango de tamaños, incluso minerales no pertenecientes al grupo de los filosilicatos (cuarzo, feldespatos, etc.) pueden ser considerados partículas arcillosas cuando están incluidos en un sedimento arcilloso y sus tamaños no superan las 2 μm.

Las arcillas consisten en una mezcla heterogénea de minerales finos como cuarzo, feldespatos, calcitas, piritas, etc. Y pueden producirse por diferentes procedimientos:

- Hidrólisis e hidratación de un silicato.
- Disolución de una caliza u otra roca que contenga impurezas arcillosas relativamente insolubles que quedan como residuo.
- Acción de los agentes atmosféricos sobre los esquistos.
- Sustitución de una roca por arcilla invasora y arrastre de los componentes de aquella en parte o en su totalidad por el agua.
- Deposito de arcillas arrastradas por el agua en cavidades o cavernas.

Ha sido la acción de agentes atmosféricos los que han predominado en la formación de arcillas durante las épocas geológicas, pero las arcillas también pueden producirse a profundidades considerables gracias a alteraciones hidrotermales (13).

1.1.2 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LAS ARCILLAS.

Las propiedades de las arcillas son consecuencia de sus características estructurales. Por ello es necesario conocer la estructura de los filosilicatos para comprender sus propiedades. “La formación de arcillas se origina mediante las combinaciones de laminas tetraédricas y laminas octaédricas” (4).

1.1.2.1 LAMINAS TETRAEDRICAS.

Los silicatos están formados por cristales regulares y su unidad básica es el tetraedro (cuatro caras). El tetraedro esta formado por un átomo central de Silicio (**Si**) y cuatro átomos de Oxigeno (**O**) en las esquinas. El átomo de Silicio puede ser sustituido por otro dejando una carga desbalanceada que puede ser satisfecha por un cation positivo, por ejemplo el Sodio (**Na**), el Calcio (**Ca**) o el Potasio (**K**), con lo cual se logra nuevamente una estructura neutra. Así los tetraedros pueden enlazarse y combinarse para formar redes que se extienden a lo largo y a lo ancho, formando hojas completas, que constituyen el grupo de filosilicatos, o estructuras laminares, de los que forman parte las arcillas (1,2,3).

1.1.2.2 LAMINAS OCTAEDRICAS.

Las laminas octaedricas (ocho caras) están formadas típicamente de los compuestos de aluminio o de magnesio en coordinación con átomos de oxigeno. Si los átomos metales son Aluminio, entonces solo dos tercios de los sitios en la estructura serán llenados para balancear la estructura. Esta estructura se llama gibbsita: $Al_2(OH)_6$ y es una hoja dioctaedrica. En cambio, si los átomos metales son Magnesio, la estructura es una brucita:

$Mg_3(OH)_6$. En este caso, todos los sitios de la estructura están llenos con los átomos de Magnesio y es una hoja trioctaedrica (4).

1.1.2.3 ESTRUCTURA DE LAS ARCILLAS.

Las capas tetraédricas se unen a otras octaedricas de tipo gibbsita o brucita dando origen a la formación de los filosilicatos. Estas diferentes combinaciones y modificaciones químicas han dado origen a mas de 26 diferentes minerales arcillosos. Las arcillas están formadas en razón de las capas de Silicio y octaedricas. El grupo más grande es el de 2:1 laminas; es decir, dos capas de Silicio y una capa octaédrica, también hay de arcillas de 2:1:1 y de 1:1 (13, 4).

En resumen, la formación de los filosilicatos que dan lugar a arcillas se ilustra en la siguiente figura.

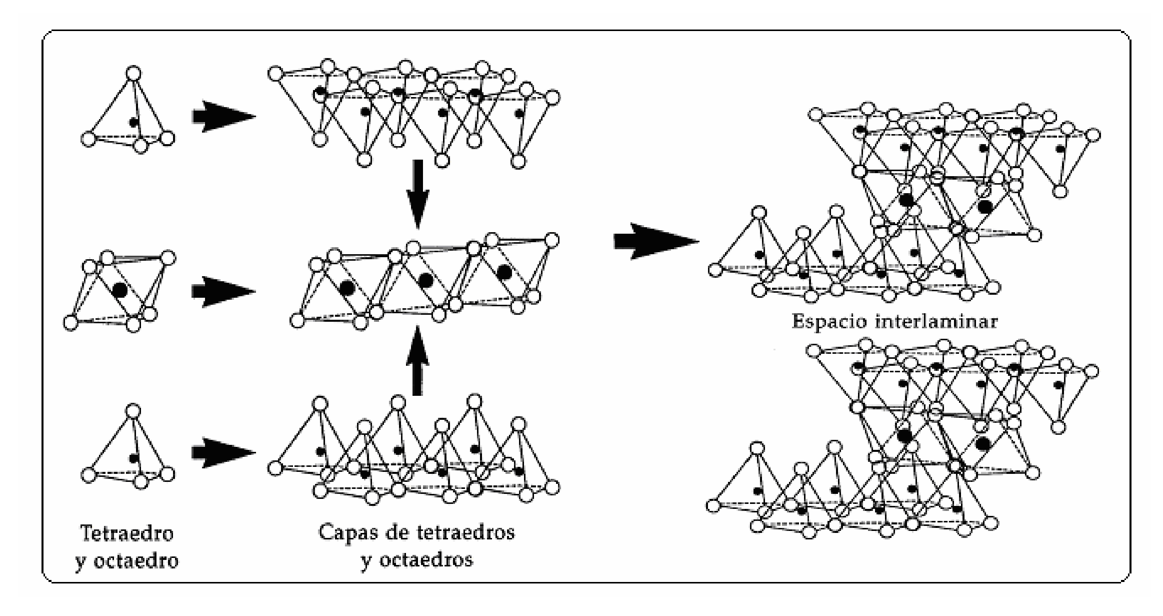


Figura 1: Formación filosilicato.

Las arcillas más importantes para la ingeniería de fluidos de perforación son: caolinita, esmectita, montmorillonita, ilita y clorita.

1.1.3 CARGAS ELECTRICAS EN LA SUPERFICIE DE LAS ARCILLAS.

Las cargas eléctricas en la superficie de las arcillas se deben a dos mecanismos: sustitución isomórficas y bordes rotos.

1.1.3.1 SUSTITUCION ISOMORFICA.

Este mecanismo se basa en la propiedad de las arcillas llamada capacidad de intercambio cationico, ya que los iones de un tipo pueden intercambiarse con otros iones de igual o diferente tipo. Como se menciona en el manual tecnico de Dowell Fluids Services : "diferentes iones tienen diferentes fuerzas de atracción para los sitios de intercambio o reemplazo. El poder de intercambio de los cationes es generalmente $Li^{+} < Na^{+} < K^{+} < Mg^{++} < Ca^{++} < H^{+}$. De esta manera a concentraciones iguales, el Calcio reemplazara mas al Sodio que el Sodio al Calcio.
Si la concentración del catión a ser reemplazo aumenta, entonces el poder de intercambio de ese catión también aumenta. Por ejemplo, con altas concentraciones de Potasio se podría reemplazar al Calcio".

1.1.3.2 CARGAS DE BORDES ROTOS.

Cuando la lamina de la arcilla se rompe, la superficie expuesta crea grupos desbalanceados de cargas en la superficie. Algunos de los nuevos grupos expuestos tienen la estructura de Silicio, un ácido débil, y otros tienen la estructura de Aluminio o Magnesio, una base débil. Entonces se puede decir que la carga en el borde va a variar dependiendo del pH de la solución.

De esta manera, con valores bajos de pH los bordes rotos son más positivos; en cambio, con valores altos de pH los bordes van a ser más negativos. Una razón por la cual se utiliza soluciones alcalinas en los fluidos de perforación es para asegurarse que las partículas arcillosas estén solamente cargadas negativamente para mantener al mínimo las interacciones electrostáticas (4).

El tratamiento químico usualmente apunta a las reacciones con los grupos en los bordes rotos. En vista que el borde superficial es creado moliendo o rompiendo las arcillas durante la perforación, los costos del tratamiento químico son minimizados, porque la formación arcillosa es removida como cortes en lugar de ser molida por la broca en partículas de mucho menor tamaño.

1.1.4 DESCRIPCION DE LAS ARCILLAS QUE COMUNMENTE SE ENCUENTRAN DURANTE LA PERFORACIÓN.

Las muestras de lutitas a ser analizadas en el bloque Tarapoa pertenecen a las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena. Se obtuvo mediante el análisis de Difraccion de Rayos X que las formaciones están constituidas por Esmectitas, Ilitas y Caolinitas.

Tabla Nº1.1:

Resultados del análisis de Difraccion de Rayos X

Mineral	Contenido de minerales muestra ORTEGUAZA (%)	Contenido de minerales muestra TIYUYACU (%)	Contenido de minerales muestra TENA (%)
Esmectita	17.3	27.1	27.3
Ilita	36.8	8.9	29.2
Caolinita	7.5	6.7	5.2

* Facultad de metalurgia de la Universidad Politécnica Nacional.

A continuación se describen las principales características de las arcillas que generalmente presentan problemas durante la perforación.

1.1.4.1 CAOLINITA.

La Caolinita esta compuesta por la combinación de una capa tetraédrica y una capa dioctaedrica de Aluminio. También existe un enlace muy fuerte de Hidrogeno entre las capas de la estructura y es por eso que no ocurre hinchazón (4).
Se la encuentra en lutitas y en depósitos marinos. Esta arcilla tiende a sufrir alteraciones convirtiéndose en ilita o clorita en grandes profundidades. La Caolinita se la puede encontrar también en yacimientos de arena pero en forma diagenita llamada Dickita (1).

1.1.4.2 ESMECTITAS.

Las esmectitas tienen una estructura expandible la cual aumenta la actividad coloidal, ya que tiene el efecto de incrementar su superficie especifica muchas veces debido a que la

unión entre sus laminas es débil. Ahora todas las superficies de las capas, en vez de solo las superficies externas, están disponibles para hidratación e intercambio catiónico (4).

De acuerdo a experiencias en el bloque tarapoa, este tipo de arcilla es considerada la mas problemática durante una perforación por su alta capacidad de reaccion con el agua.

1.1.4.3 MONTMORILLONITA.

La montmorillonita es el mineral arcilloso principal en “bentonitas” o en “geles de agua fresca” y es el mineral más común del grupo de los minerales llamados esmectitas. Esta compuesta de dos laminas tetraedricas y una lamina octaedrica (1). Las exclusivas propiedades de la montmorillonita se deben a su gran área superficial disponible cuando la arcilla se expande y se hidrata completamente (4).

1.1.4.4 ILITAS.

Las ilitas son micas hidratadas de tipo 2:1, donde dos unidades o capas de silicio contienen a la capa octaedrica llamada estructura “sanduche”, las sustituciones son predominantemente en la lamina tetraédrica y tiene una estructura superficial expandible (4).

La tabla 1.1 lista los diámetros de los cationes más comunes en estado hidratado y deshidratado.

Tabla Nº1.2:

Radio ionico antes y después de la hidratación

Atomo	Ion deshidratado Diámetro en Angstroms	Ion hidratado Diámetro en Angstroms
Na- Sodio	1.90	5.5 – 11.2
K- Potasio	2.66	4.64 – 7.6
Cs- Cesio	3.34	4.6 – 7.6
Mg- Magnesio	1.30	21.6
Ca- Calcio	1.90	19

* Dowell Fluids Services 1994.

Se puede ver claramente que el ion Potasio tiene un diámetro muy pequeño. De modo que, “las ilitas y micas pueden reaccionar con iones de Potasio y estabilizarse” (4). Las esmectitas a menudo se degradan a micas o ilitas mediante reacciones de iones Potasio. Las concentraciones de Micas o ilitas tienden a incrementar con la edad y profundidad.

1.1.4.5 CLORITA.

La estructura de la clorita consiste en capas alternadas de tipo mica y tipo brucita. La unión entre las laminas es fuerte y similar a la de las caolinitas, es por esta razón que la arcilla es de tipo baja viscosidad.

Aunque este tipo de arcilla no forma parte de este análisis debido a que no se encuentra en las formaciones analizadas, es importante mencionarla ya que “la clorita tiende a asociarse con sedimentos de mayor edad geológica, por esto la caolinita y las esmectitas tienden a ser reemplazadas por cloritas e ilitas” (4).

1.1.4.6 RESUMEN GENERAL DE LAS PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS.

Tabla N°1.3:

Propiedades de las arcillas.

Arcilla	**Tipo**	**Condición interlaminar/ Unión**	**CIC [cmol/kg]**	**Potencial de hinchamiento**	**Area especifica superficial [m2/g]**
Caolinita	1 : 1 (no - expandible)	Falta de superficie interlaminar, unión fuerte	3 – 15	Casi nada	5 – 20
Esmectitas	2 : 1 (expandible)	Unión débil, expansión grande	80 – 150	Alto	700 – 800
Ilitas	2 : 1 (no - expandible)	Perdida parcial de K, unión fuerte	10 – 40	Bajo	50 – 200
Clorita	2 : 1: 1 (no - expandible)	Unión de moderada a fuerte, no - expandible	10 – 40	Ninguno	

http: //lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/htm/sec_6.htm

1.1.5 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LAS ARCILLAS.

Debido a los altos porcentajes de esmectita para las lutitas Orteguaza, Tiyuyacu y Tena de 17%, 27% y 27% respectivamente, obtenidos mediante el análisis de difraccion de rayos X para las muestras de arcillas en el bloque Tarapoa, es necesario mencionar sus propiedades para conocer como influyen en el análisis de las muestras tomadas para la realización de este estudio.

1.1.5.1 SUPERFICIE ESPECIFICA.

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m^2/g (4).

A continuación se muestran los valores de superficie específica de las arcillas de mayor interés para este estudio:

Caolinita: 15- 50 m^2/g

Ilita hasta: 50 m^2/g

Esmectita: 80-300 m^2/g

1.1.5.2 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.

Es una propiedad fundamental de las esmectitas. Son capaces de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas. “La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH” (14).

A continuación se muestran los valores de capacidad de intercambio catiónico de las arcillas de mayor interés para este estudio:

Caolinita : 3-5 meq/100 g

Ilita : 10-50 meq/100 g

Esmectita : 80-200 meq/100 g

1.1.5.3 CAPACIDAD DE ABSORCION.

Las esmectitas y las ilitas pueden absorber agua en cantidades suficientes para que estas reaccionen y se hinchen. "La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato)" (14) .

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso.

1.1.5.4 HIDRATACION E HINCHAMIENTO.

La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Por ejemplo "Si en las esmectitas, el catión interlaminar es el Sodio, se produce un alto grado de dispersión e hinchamiento; por el

contrario, si los cationes de cambio tienen Potasio, Calcio o Magnesio, su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida" (14).

1.1.5.5 PLASTICIDAD.

Las arcillas son eminentemente plásticas como consecuencia de su capacidad de hinchamiento y el tamano de sus particulas (muy pequeñas pero con elevada area superficial).

Esta propiedad se debe a que "el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas" (14).

1.1.5.6 TIXOTROPIA.

La tixotropía se define como "el fenómeno que consiste en la pérdida de resistencia de un coloide al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo"(14). Es necesario considerar esta propiedad durante la formulación de un lodo de perforación ya que ayuda mantener los ripios en suspensión cuando se deja de circular, recuperando su fluidez inicial cuando se vuelva a circular.

1.2 ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA EN EL BLOQUE TARAPOA.

1.2.1 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA				
EDAD	FORMACIÓN	PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
PLIOCENO MIOCENO	INDIFERENCIADO	0' – 5367' MD 0' – 4773 TVD		Arcillolita Limolita Arenisca
OLIGOCENO	ORTEGUAZA	5367' – 6398 MD 4773' – 5665' TVD		Arenisca Lutita Limolita
OLIGOCENO EOCENO	TIYUACU	6398' – 8233' MD 5665' – 7242' TVD	V.V.V.V.V	Arenisca Arcillolita Conglomerado Chert
PALEOCENO	TENA	8233' – 8759 MD 7242' – 7744' TVD		Arcillolita Limolita
CRETACICO	NAPO M – 1 SS	8759' – 8824' MD 7744' – 7807' TVD		Limolita Carbon Arenisca Lutita

1.2.2 DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA ZONA.

La descripción litológica esta basada en la toma de muestras de ripios de perforación para cada formación de interés en este estudio.

FORMACION ORTEGUAZA:

Consiste predominantemente de Arenisca interestratificada con Limolita, Lutita y capas de Carbón.

Arenisca : cuarzosa, con tamaño de grano medio a grueso, hacia el tope y tamaño de grano fino a ocasionalmente grueso, hacia la base. Matriz arcillosa y con regular a pobre porosidad inferida.

Limolita : suave a moderadamente firme, amorfa a irregular, grano muy fino y no calcárea.

Lutita : suave a moderadamente firme, sublaminada, subfísil, localmente quebradiza, ocasionalmente astillosa y no calcárea, textura limosa.

Carbón : firme a moderadamente firme, blocoso a subblocoso, con lustre apagado.

FORMACIÓN TIYUYACU:

Esta formación consiste principalmente de Arcillolita, interestratificada con Limolita y Arenisca, una capa de Conglomerado en la sección superior y un cuerpo de Chert cerca de la base.

Arcillolita : firme a dura, subblocosa a blocosa y no calcárea.

Arenisca : cuarzosa, tamaño de grano muy fino a fino, friable a suelta, forma de grano subangular a subredondeado, matriz arcillosa y pobre porosidad.

Limolita : suave a moderadamente firme, subblocosa y no calcárea.

FORMACIÓN TENA:

Esta formación esta conformada predominantemente por Arcillolita interestratificada con Limolita y localmente capas de Caliza y Arenisca.

Arcillolita : suave a moderadamente firme, ocasionalmente firme, irregular a subblocosa, menor amorfa, no calcárea a ligeramente calcárea.

Limolita : suave a moderadamente firme, amorfa a irregular, no calcárea hacia el tope y calcárea hacia la base, localmente gradando a Arenisca de grano muy fino.

Caliza : firme a moderadamente firme, subblocosa a blocosa, no visible porosidad.

Arenisca : tamaño de grano fino a medio, suelta a friable, con granos subangulares a subredondeados, moderadamente sorteada, cemento calcáreo, matriz arcillosa y regular porosidad inferida.

Arenisca Basal Tena : cuarzosa, tamaño de grano fino a medio, suelta y friable, con granos subangulares a subredondeados, moderadamente sorteada, con cemento silicio y calcáreo, matriz arcillosa, pobre porosidad inferida y asociada con abundante caolín.

1.3 PROBLEMAS ASOCIADOS CON LAS LUTITAS

Las lutitas pueden ser definidas como “rocas sedimentarias ricas en arcillas que son sensibles a influencias mecánicas y químicas y son muy problemáticas al perforarse”.

Tabla N°1.4:

Problemas asociados con las lutitas de acuerdo a la dureza.

Tipo de Lutita	Problemas típicos de hueco	MBT* (meq / 100g)	Tipo de Arcilla	Densidad (g/cc)
Suave	-Hueco apretado por hinchazón. -Agrandamiento de hueco por derrumbre (dispersión). -Salientes en lechos de roca si intercalados con arenisca. -Embolamiento de broca, anillos de lodo, líneas de flujo tapadas.	20 – 40	Esmectita Ilita	1.2 – 1.5
Firme	-Hueco apretado por hinchazón. -Posible derrumbe (lodo pobremente inhibido). -Particularmente propenso a embolamiento de broca. -Cavernamientos ocasionales.	10 – 20	Ilita Lamina combinada	1.5 – 2.2
Dura	-Derrumbes. -Cortes de estratos conducen a empaquetamientos. - Hueco apretado en formaciones tensionadas.	3 – 10	Ilita posiblemente esmectita	2 – 2.3
Quebradizas	-Derrumbes. -Colapso de hueco. -Tiempo de falla retardada.	0 – 3	Ilita Caolinita Clorita	2.1 – 2.5

MBT* = Methylene blue test – una medida de la capacidad de intercambio catiónico; Altas MBT equivale a escala rica en esmectita.

1.3.1 PROBLEMAS EN LUTITAS SUAVES/FIRMES.

1.3.1.1 EMBOLAMIENTO DE LA BROCA.

Algunas lutitas pueden adherirse al BHA causando taponamiento en la broca, estabilizadores y lastrabarrenas. Esto tiende a suceder mas a menudo en lutitas suaves/firmes y en especial cuando hay secuencias de lutitas plásticas como es el caso de las esmectitas e ilitas presentes en las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena en el bloque Tarapoa; también cuando se utilizan lodos base agua pobremente inhibidos. El embolamiento en la broca es extremadamente raro cuando se usa lodos base aceite.

1.3.1.2 ANILLOS DE LODO.

Cortes suaves pueden aglomerarse en el anular formando un anillo “doughnut”, el cual impide el flujo del lodo y la transportación de los ripios. Los ripios en forma de anillo pueden migrar hacia arriba o hacia abajo dependiendo del flujo del lodo y puede conducir al bloqueo de las líneas de flujo. La restricción del flujo de cortes puede llevar a consecuencias como empaquetamientos.

1.3.1.3 HUECO APRETADO.

Las lutitas reaccionables pueden hincharse causando una disminución en el diámetro del hueco. Esto es muy común con lutitas suaves a causa de su frecuente alto contenido de arcilla hinchable. Puede haber un tiempo de retraso (las lutitas se toman un tiempo para

reaccionar), y de esta manera la broca puede estar libre en el momento de la perforación pero puede tener serios problemas al salir del hueco.

Se puede discutir que un hueco apretado se vuelve más severo en pozos desviados por la fricción que existe en la tubería. Sin embargo, se debe recordar que debido al incremento de arrastre gravitatorio es muy difícil darse cuenta si es un "hueco apretado" o simplemente "arrastre excesivo". Por ejemplo, esto suele suceder cuando hay mala limpieza del hueco. Altas presiones de poros o geopresiones también contribuyen a huecos apretados. Sin embargo, su función es generalmente más significativa en lutitas más duras y más profundas.

1.3.1.4 EROSION/DERRUMBE.

Esto es un resultado de la naturaleza de dispersión de las lutitas suaves reaccionables. Es posible encontrarse con secciones de derrumbes y huecos apretados simultáneamente. Los derrumbes pueden conducir a problemas de limpieza del hueco y dificultades cuando se baja el ensamblaje de fondo (BHA), además pobre adherencia de cemento.

1.3.2 PROBLEMAS EN LUTITAS DURAS/QUEBRADIZAS.

1.3.2.1 HUECO APRETADO.

El hueco apretado debido a hinchamiento químico es menos común en lutitas duras a causa de que hay menos contenido de arcillas hinchables (esmectitas). Sin embargo, altos esfuerzos en el hueco pueden conducir a huecos apretados, especialmente si esta acompañado de altas presiones de poro.

1.3.2.2 DERRUMBES, CAVERNAS Y EMPAQUETAMIENTOS.

Muchas lutitas duras/quebradizas tienden a fragmentarse en cavernas en la pared del pozo, conduciendo a derrumbes y a veces causando empaquetamientos. Esto sucede comúnmente en formaciones naturalmente fracturadas y en lutitas de quebradizas. El agrandamiento del hueco puede ser repentino (hasta catastrófico) y muy difícil de predecir y controlar.

1.3.3 PROBLEMAS REGISTRADOS EN LA ZONA.

Se han presentado serios problemas durante la perforación en la zona de Tarapoa especialmente cuando están atravesando formaciones de lutitas. Los problemas han sido primordialmente de aprisionamiento de tubería debido a huecos apretados, derrumbes y embolamientos de broca. A continuación un resumen tomando como referencia algunos pozos perforados en esta zona donde hubo problemas en las formaciones de Orteguaza, Tiyuyacu y Tena.

Tabla N°1.5 :

Problemas que se han presentado en las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena.

Pozo	Formación Orteguaza	Formación Tiyuyacu	Formacion Tena
Dorine 20	-Inicio de embolamiento, limpieza de broca y estabilizadores.	- Hueco Apretado, max. Overpull 50K (backream)	- Ok.
Dorine 19	- Ok.	- Ok.	- Hueco Apretado, TIH (ream).
Dorine 15	- Hueco Apretado TIH (ream).	- Ok.	- Ok.
Fanny 18B-28	- Ok.	-Tuberia aprisionada (60K over), martillar 3 veces y se libera, backream por seguridad y continuar. - Cuando POH, otra vez hueco apretado y backream.	-Hueco apretado y backream. - Cuando POH para limpieza, 3 huecos apretados.
Fanny 18B-38	- Cavernas mientras se atraviesa la formación (incrementar peso 9.6 a 9.7).	- Ok.	- Ok.
Fanny 18B-35	- Hueco apretado (backream). - Empaquetamiento por 2 ocasiones (pumped 80 bbl high visc/heavy weight sweep). - Aumento en torque (backream).	- Hueco apretado cuando POH.	- Hueco apretado ream, Ok.
Fanny 18B-30	- Cuando POH, hueco apretado en dos sitios (70K). - POH para correr casing, hueco apretado en 3 sitios (75K). - Requirió backreaming, estabilizadores y broca 100% embolados. - Cuando TIH, comienza a derrumbarse. - Hueco apretado cuando RIH (40 – 50K)	- Hueco apretado (50K).	- Cuando RIH hueco apretado, ream e imposible seguir (sidetrack).

* Historial de los reportes de perforación de AEC

1.4 INHIBICION DE ARCILLAS.

El ion Potasio es considerado como el mejor ion intercambiable ya que su radio ionico tiene un diámetro muy pequeño (ver tabla 1.2). De esta manera, las capas están unidas fuertemente y una estructura no-expandible es producida.

Estas características de interacción del ion Potasio con la superficie de las arcillas pueden ser relacionadas con dos efectos: tamaño ionico y energía de hidratación.
Cuando el sistema potasico es deshidratado, las laminas tetraédricas de los cristales adyacentes se contactan y el Potasio pierde su envoltura de agua orientada y se hace más pequeño. A medida que el proceso prosigue, el efecto de concentración puede forzar al ion hacia el espacio libre de la superficie expuesta.
Una vez en posición, es mantenido fuertemente y:

a) El Potasio esta lo más cercano posible al centro de la carga negativa del cristal adyacente.
b) La estructura cerrada evita rehidratacion cuando es expuesto al agua.
c) El Potasio tiene una tendencia menor a ser intercambiado por otro ion, ya que su estructura esta deshidratada y colapsada.

Otros iones no permiten un acercamiento tan estrecho de las capas. El Sodio y el Calcio que se encuentran normalmente en la esmectita, podrían entrar en el espacio cristalino, pero son muy pequeños para unir completamente las laminas. La rehidratacion lleva al entrampamiento de una capa de agua y a la oportunidad de intercambio.

El ion Potasio tiene la segunda energía de hidratación más baja. Esta baja hidratación produce deshidratación interlaminar y colapso de las capas. Se puede inducir, que el ion Potasio esta formado de una estructura compacta fuertemente agarrada.

Los problemas de estabilización de las lutitas ocurren de la siguiente manera: Cuando la esmectita esta presente, el intercambio de Potasio por Sodio y Calcio crea una estructura mas estable y menos hidratable. En cambio; con las ilitas, el ion Potasio reemplaza cualquier ion intercambiable (impureza) en la estructura y expone toda la lutita al ambiente del mismo ion aglomerante que mantiene a la ilita unida.

La cantidad de intercambio de base que ocurre es substancialmente reducida, especialmente para altos contenidos de ilita, y la lutita permanece estable. En las arcillas de capas mixtas, el Potasio trabaja en ambos lados de la ilita y la esmectita, reduciendo la cantidad de hinchazón diferencial que ocurre. “El ion Potasio trabaja mejor en las lutitas que tienen un alto porcentaje de ilita o ilita/esmectita mezclados en combinación de laminas en la fracción de arcillas”. Sin embargo, los iones de Potasio hidratados son lo suficientemente pequeños como para penetrar las lutitas no hidratables; la adsorción selectiva del ion Potasio limita aun más la hidratación o hinchazón de la formación.

Con las lutitas hidratadas e hinchadas, los iones de Calcio hidratados pueden penetrar fácilmente entre las laminas de arcilla para evitar la hidratación y puede ocurrir un ablandamiento posterior, ya que ellos previenen el intercambio de bases ionicas entre los iones de calcio de formación.

1.5 DISPERSION DE ARCILLAS.

La dispersión se define como "la subdivisión de agregados o plaquetas de arcillas y es usualmente el resultado de efectos electro-quimicos y mecánicos" (17). Los efectos electro-quimicos están ligados directamente a la inhibición, ya que si existe una buena inhibición (no hinchamiento de arcillas) la dispersión disminuiría notablemente. Esto se debe, a que cuando se hinchan las arcillas, se debilitan o se rompen los enlaces interlaminares, dando lugar al desprendimiento de laminas arcillosas. Los efectos mecánicos; en cambio, se basan primordialmente en la erosión de las paredes del pozo por las altas velocidades del fluido de perforación en el espacio anular (entre la tubería de perforación y las paredes del hueco).

Como consecuencia, la dispersión aumenta la superficie de la partícula resultando en un aumento de la viscosidad y del esfuerzo de gel.

CAPITULO II

ANALISIS DEL METODO DE INHIBICION Y DISPERSION DE ARCILLAS.

2.1 INHIBICION.

Como se ha descrito en el capitulo I, el intercambio de Potasio por Sodio y Calcio crea una estructura mas estable y menos hidratable en Montmorillonitas, y con las ilitas, el ion Potasio reemplaza cualquier ion intercambiable en la estructura y expone toda la lutita al ambiente del mismo ion aglomerante que mantiene la ilita unida. Por este motivo, se van a utilizar soluciones de Potasio para realizar el análisis de inhibición en las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena. En esta sección, se van a utilizar dos soluciones de Potasio que son: Nitrato de Potasio (KNO_3) y Sulfato de Potasio (K_2SO_4) con diferentes concentraciones, ya que el lodo que se desea mejorar es un lodo base agua y estas soluciones son las más solubles en agua.

De las dos soluciones, Nitrato de Potasio y Sulfato de Potasio, se escogerán las mejores concentraciones para cada una. Con estas soluciones escogidas, se continuara el análisis de dispersión utilizando otra fuente de Potasio (SCAL) en diferentes porcentajes para observar si existe o no una mejora.

2.1.1 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA.

Para el análisis de inhibición, se utilizaran dos soluciones de Potasio: Nitrato de Potasio (KNO_3) y Sulfato de Potasio (K_2SO_4), variando sus concentraciones y sus pH. La variación de la concentración para cada solución será de: 10 000 ppm K+, 15 000 ppm K+, 20 000 ppm K+ y 25 000 ppm K+; mientras que en su pH, variaran entre 8, 9, 10 y 11.

El rango de las concentraciones que se van a usar en este análisis, esta dentro de los parámetros normales que usualmente se utilizan para inhibir arcillas en la zona Tarapoa cuando se perfora; en cambio, el rango del pH se lo mantiene alcalino para asegurarse que las partículas arcillosas se mantengan cargadas negativamente y de esta manera, minimizar las interacciones electrostáticas.

El ensayo de Tiempo de Succión Capilar (CST- Capillary Suction Timer) es el aparato que ayudara a realizar el análisis de inhibición para las tres formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu y Tena.

El ensayo de Tiempo de Succión Capilar (CST) es utilizado en la industria del petróleo para:

- Estabilización del hueco, para determinar el mejor electrolito y polímero a usarse para la máxima inhibición en arcillas hinchables.
- Evaluación de las propiedades coloidales de las lutitas, para estudiar la reducción de permeabilidad de la formación alrededor de la boca del pozo.
- Evaluación de los efectos de sales solubles y polímeros en cortes.

El estudio CST de las características de filtración en sistemas acuosos utiliza la presión capilar de succión de un papel poroso para afectar a la filtración. Cuando una suspensión es filtrada bajo la influencia de esta presión de succión, la velocidad en el cual el filtrado se extiende de la suspensión es controlada predominantemente por la misma filtración de la suspensión. El CST automáticamente mide el tiempo que el filtrado tarda en trasladarse radialmente entre los electrodos sobre el papel filtro especial. La lectura del CST que indica el contador de seis dígitos esta dado en décimas de segundo.

El CST también mide las propiedades hidratantes y de dispersión de las lutitas por simulación de las fuerzas cortantes y químicas presentes durante la perforación. Para el CST, el contenido de sólidos en las lutitas y el tiempo de mezclado se mantienen constantes, mientras que las características químicas tales como el pH, la salinidad y la concentración varían.

Los procedimientos y resultados obtenidos a continuacion fueron desarrollados en el laboratorio de la Compania QMAX ECUADOR S.A. para realizar el análisis de inhibición tomando en cuenta las variaciones en concentración y pH de cada una de las soluciones:

a) Una vez que las muestras lleguen del oriente:

1. Limpiar bien las muestras de las formaciones de interés con abundante agua.
2. Secar las muestras en el horno a 105°C.

b) Preparación de las soluciones deseadas variando el pH con KOH:

1. Preparación de las soluciones de Nitrato de Potasio en 1200 ml de agua.

Tabla Nº 2.1

Preparación de soluciones de Nitrato de Potasio

Gramos de Nitrato de Potasio (KNO_3)	Concentración de K+
37.1286	10 000 K+
55.6929	15 000 K+
74.2572	20 000 K+
92.8215	25 000 K+

2. Preparación de las soluciones de Sulfato de Potasio en 1000 ml de agua.

Tabla Nº 2.2

Preparación de soluciones de Sulfato de Potasio

Gramos de Sulfato de Potasio (K_2SO_4)	Concentración de K+
37.9231	10 000 K+
44.6154	15 000 K+
71.3845	20 000 K+
83.6539	25 000 K+

3. Comprobar si las concentraciones están correctas con el método de comprobación de Potasio.

Método de comprobación de Potasio:

- Agregar 7 ml de solución a comprobar en el tubo para centrifuga de 10 ml.
- Añadir 3 ml de Perclorato de Sodio ($NaClO_4$).
- Centrifugar por 3 minutos.
- Leer el precipitado de Potasio en la escala del tubo para centrifuga y multiplicar el valor leído por 3000.
- El valor resultante es la concentración de K+ en ppm.

4. Preparar la solución titulante de Hidróxido de Potasio (KOH) en 500 ml de agua.

Tabla Nº 2.3

Preparación de soluciones de Hidróxido de Potasio

Gramos de Hidróxido de Potasio (KOH)	Concentración de K+
11.4416	10 000 K+
17.1624	15 000 K+
22.8832	20 000 K+
28.6041	25 000 K+

Nota: Se debe titular con las mismas concentraciones de K+ de las soluciones anteriores (Nitrato y Sulfato de Potasio) para no variar la concentración de la solución final deseada.

5. Titular con Hidróxido de Potasio (KOH) para obtener los valores de pH deseados.

6. Anotar los mililitros de la solución titulante (KOH) para hacer gráficas del comportamiento del pH para cada solución.

c) Realizar los análisis CST utilizando las soluciones preparadas en todas las formaciones

Procedimiento para el análisis de la inhibición utilizando el CST (tiempo de succión capilar)

1. Moler las muestras en un plato hondo especial de porcelana (mortero) y pasarlas por una malla N°100 (150 micras).
2. Pesar en la balanza 1 gramo de muestra.
3. Poner el gramo de muestra en la licuadora y añadirle 12.5 ml de la solución a ser investigada (Nitratos y Sulfatos de Potasio a diferentes concentraciones y pH).
4. Licuar la mezcla (la solución con el gramo de muestra) por 90 segundos.
5. Poner la mezcla en un plato de plástico y succionar con una jeringa 3 cm^3.
6. Colocar los 3 cm^3 de mezcla en el CST y anotar el tiempo que tarda en trasladarse radialmente la mezcla entre los electrodos sobre el papel filtro especial.
7. Realizar el mismo procedimiento dos veces por cada solución para de esta manera sacar un promedio de los tiempos.

Nota: Los resultados de menor valor quieren decir que tienen mejor inhibición, ya que si se demoran mas tiempo significa que la arcilla ha absorbido la solución; en cambio, si tarda menos tiempo implica que la arcilla se impermeabilizo.

2.1.2 APLICACIÓN Y RESULTADOS DE LA METODOLOGIA.

Una vez hechas y comprobadas las soluciones con el método de comprobación de Potasio, se titulan las soluciones tomando siempre en consideración que la concentración de la solución titulante (KOH) sea igual a la solución a investigar, para no alterar la concentración de Potasio.

Las gráficas del comportamiento del pH a medida que se titula para cada solución están a continuación:

Solución KNO_3 de 10 000 ppm de K^+

Tabla N° 2.4

Variación del pH en 10 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	8.46
0.7	8.97
1	9.1
1.5	9.3
2	9.49
2.5	9.66
3	9.83
3.5	9.95
4	10.09
4.6	10.26
5	10.37
5.5	10.49
6	10.59
6.5	10.68
7	10.75
7.5	10.8
8	10.86
8.5	10.91
9	10.95
9.5	10.98
10.25	11

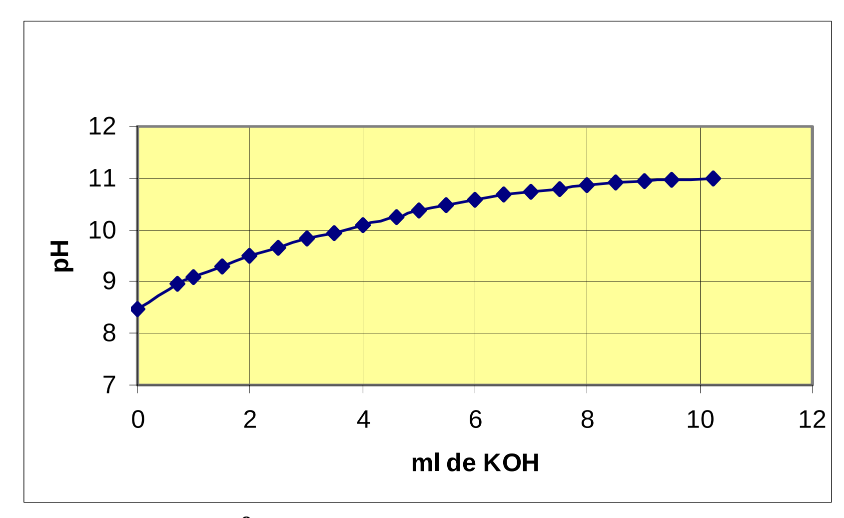


Gráfico N° 2.1.- Variación del pH en 10 000 ppm K+

Solución KNO_3 de 15 000 ppm de K^+

Tabla Nº 2.5

Variación del pH en 15 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	8.19
0.5	8.72
1	9.07
1.5	9.39
2	9.66
2.5	9.91
3	10.12
3.5	10.34
4	10.52
4.5	10.65
5	10.72
5.5	10.8
6	10.85
6.5	10.9
7	10.96
7.5	10.97
8	11

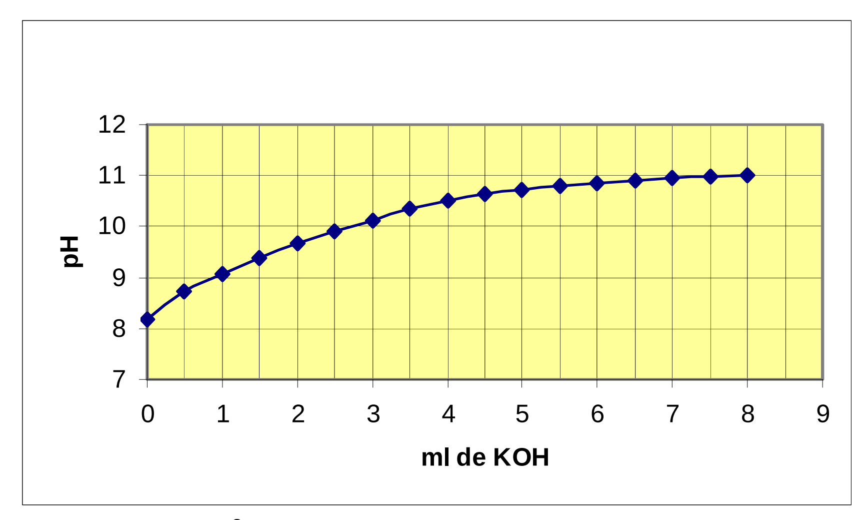


Gráfico Nº 2.2.- Variación del pH en 15 000 ppm K+

Solución KNO_3 de 20 000 ppm de K^+

Tabla Nº 2.6

Variación del pH en 20 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	8.4
0.5	9
1	9.54
1.5	10.02
2	10.41
2.5	10.69
3	10.81
3.5	10.86
4	10.91
4.5	10.91
5	10.98
5.5	11

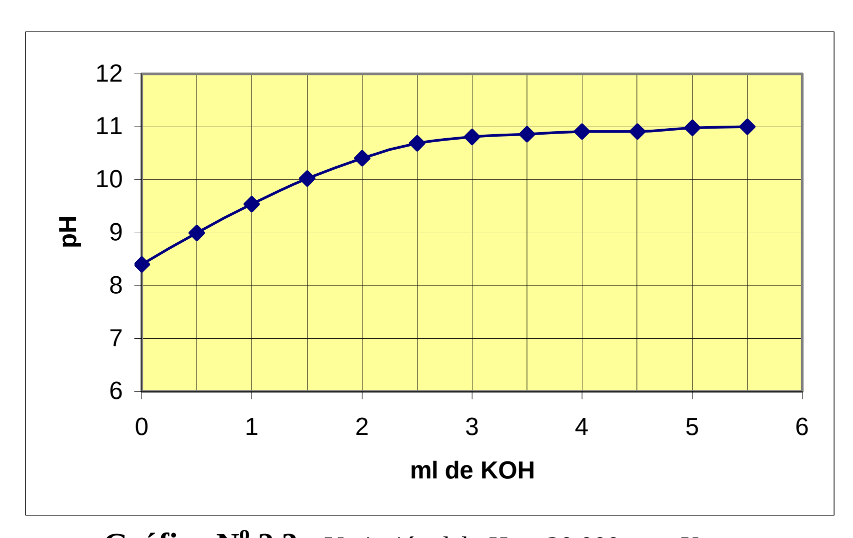


Gráfico Nº 2.3.- Variación del pH en 20 000 ppm K+

Solución KNO_3 de 25 000 ppm de K^+

Tabla N° 2.7

Variación del pH en 25 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	8.77
0.5	9.26
1	9.71
1.5	10.13
2	10.55
2.5	10.8
3	10.92
3.5	10.97
4	11

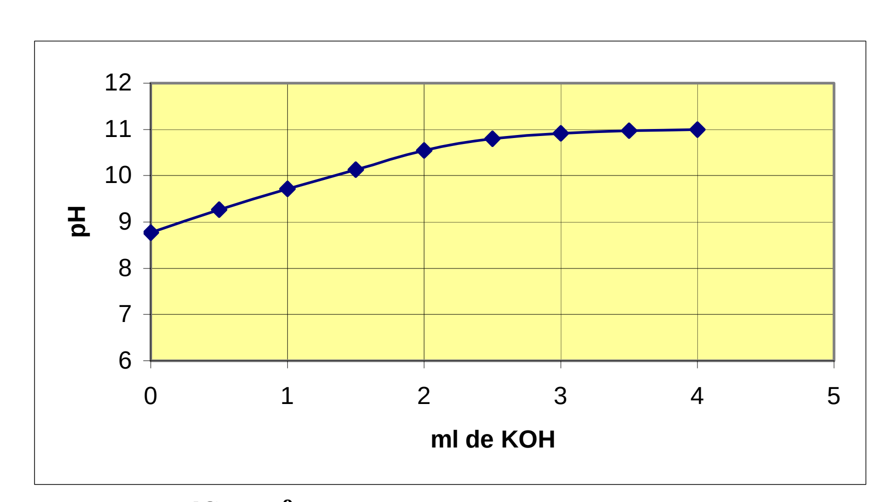


Gráfico N° 2.4.- Variación del pH en 25 000 ppm K+

Solución K_2SO_4 de 10 000 ppm de K^+

Tabla N° 2.8

Variación del pH con 10 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	6.56
0.5	7.03
1	7.26
1.5	7.41
2	7.54
2.5	7.62
3	7.69
3.5	7.75
4	7.81
4.5	7.86
5	7.91
5.5	7.94
6	7.98
6.5	8.01
7	8.04
10	8.19
12	8.27
14	8.33
15	8.36
20	8.48

X (ml de KOH)	Y (pH)
25	8.58
30	8.65
35	8.72
40	8.78
45	8.84
50	8.89
55	8.94
60	8.98
70	9.06
80	9.13
90	9.19
100	9.25
110	9.31
120	9.37
130	9.42
140	9.48
150	9.53
160	9.58
170	9.64
180	9.69

X (ml de KOH)	Y (pH)
190	9.75
200	9.81
210	9.87
220	9.94
230	10.01
240	10.09
250	10.18
260	10.29
265	10.35
270	10.42
280	10.5
285	10.59
287.5	10.65
290	10.7
292.5	10.76
295	10.84
297	10.9
298	10.94
299	10.97
300	11.01

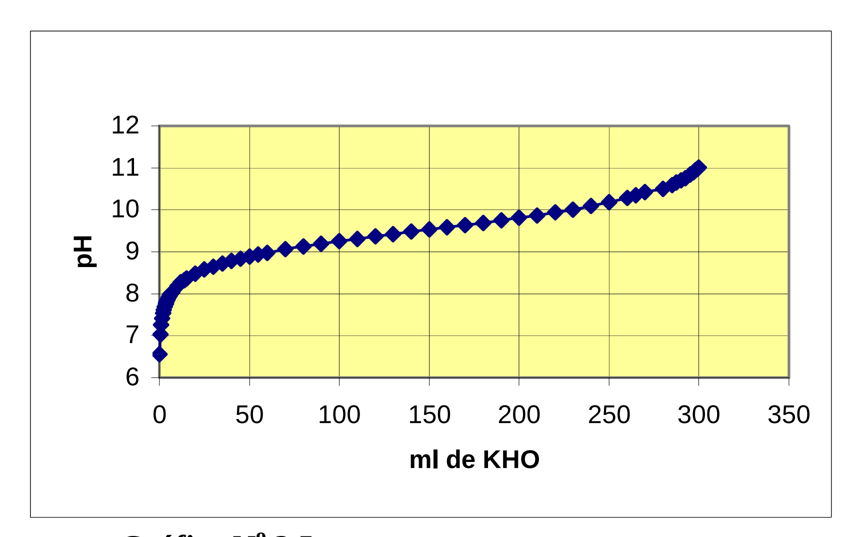


Gráfico N° 2.5.- Variación del pH en 10 000 ppm K+

Solución K_2SO_4 de 15 000 ppm de K^+

Tabla N° 2.9

Variación del pH con 15 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)	X (ml de KOH)	Y (pH)	X (ml de KOH)	Y (pH)
0	6.5	20	8.61	160	9.73
0.5	7.17	25	8.7	170	9.79
1	7.38	30	8.79	180	9.85
1.5	7.52	35	8.86	190	9.92
2	7.64	40	8.92	200	9.98
2.5	7.73	45	8.98	205	10.02
3	7.8	50	9.03	210	10.06
3.5	7.87	60	9.12	220	10.13
4	7.92	65	9.16	230	10.22
4.5	7.97	70	9.2	240	10.33
5	8.01	80	9.27	250	10.46
5.5	8.05	90	9.33	255	10.54
6	8.09	100	9.39	260	10.63
6.5	8.12	110	9.45	265	10.74
7	8.15	120	9.51	270	10.88
10	8.3	130	9.57	272.5	10.97
15	8.48	140	9.62	273	10.98
17	8.53	150	9.68	273.5	11

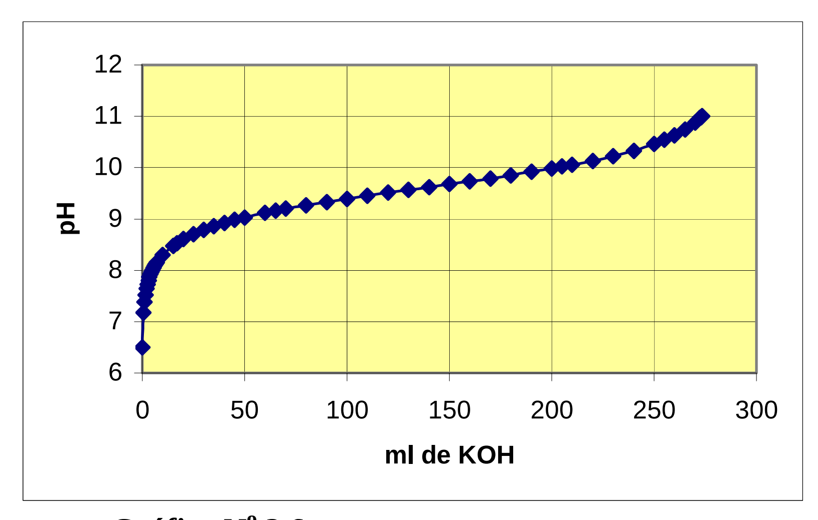


Gráfico N° 2.6.- Variación del pH en 15 000 ppm K+

Solución K_2SO_4 de 20 000 ppm de K^+

Tabla Nº 2.10

Variación del pH con 20 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	6.36
0.5	7.15
1	7.33
1.5	7.5
2	7.63
2.5	7.71
3	7.8
3.5	7.86
4	7.92
4.5	7.96
5	8
5.5	8.04
6	8.08
6.5	8.11
7	8.14
7.5	8.16
8	8.17
9	8.22
10	8.26
11	8.3
12	8.34
13	8.37

X (ml de KOH)	Y (pH)
14	8.4
15	8.43
20	8.56
25	8.66
30	8.74
35	8.81
40	8.87
45	8.93
50	8.98
60	9.05
70	9.13
80	9.2
90	9.26
100	9.33
110	9.39
120	9.44
130	9.5
140	9.55
150	9.61
160	9.66
170	9.71
180	9.77

X (ml de KOH)	Y (pH)
190	9.82
200	9.88
210	9.95
220	10.01
230	10.08
240	10.16
250	10.24
260	10.35
270	10.47
280	10.64
285	10.74
290	10.88
292.5	10.96
295	11.05
297.5	11.16
298	11.19
298.5	11.21
300	11.29
301	11.34
302	11.4

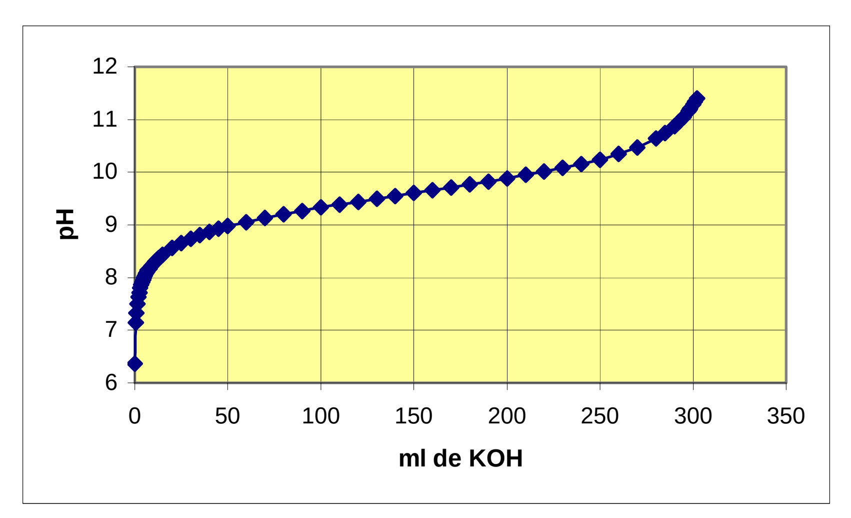


Gráfico Nº 2.7.- Variación del pH en 20 000 ppm K+

Solución K_2SO_4 de 25 000 ppm de K^+

Tabla N° 2.11

Variación del pH con 25 000 ppm de K+

X (ml de KOH)	Y (pH)
0	6.44
0.5	7.19
1	7.46
1.5	7.63
2	7.74
2.5	7.84
3	7.92
3.5	7.98
4	8.04
4.5	8.09
5	8.13
5.5	8.17
6	8.2
6.5	8.23
7	8.26
10	8.41
15	8.59
20	8.72
22	8.76
25	8.82

X (ml de KOH)	Y (pH)
27.5	8.86
30	8.89
35	8.96
37.5	9
40	9.03
45	9.08
50	9.13
55	9.17
60	9.22
65	9.25
70	9.29
80	9.36
90	9.42
100	9.48
110	9.54
120	9.59
130	9.65
140	9.7
150	9.75
160	9.8

X (ml de KOH)	Y (pH)
170	9.85
180	9.91
190	9.97
200	10.03
210	10.09
220	10.17
230	10.24
240	10.32
250	10.42
255	10.48
260	10.54
265	10.61
270	10.69
275	10.79
277.5	10.84
280.5	10.92
281	10.93
283	10.99
283.5	11

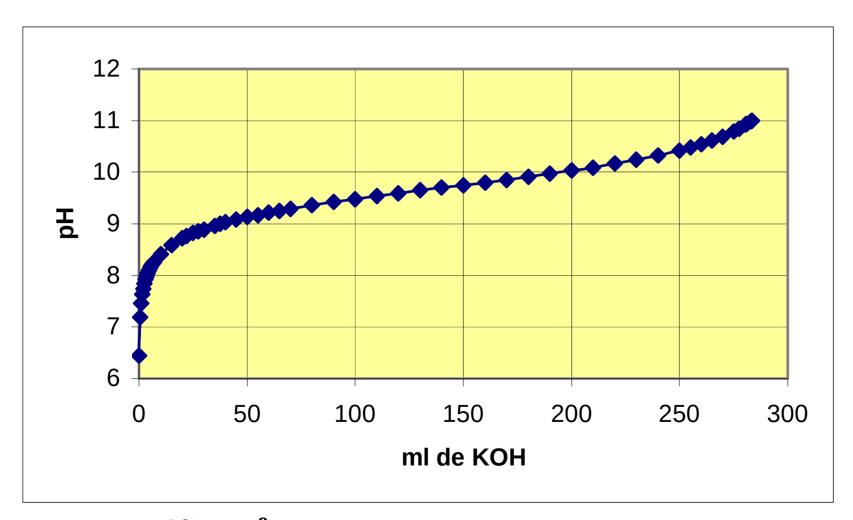


Gráfico N° 2.8.- Variación del pH en 25 000 ppm K+

Estas curvas facilitan titular las próximas soluciones ya que predicen el comportamiento del pH utilizando el Hidróxido de Potasio (KOH).

2.1.2.1 RESULTADOS DE LA SOLUCION NITRATO DE POTASIO VARIANDO SU CONCENTRACION Y pH.

Formación Orteguaza utilizando diferentes soluciones de Nitrato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla Nº 2.12

Resultados del CST de la formación Orteguaza utilizando Nitrato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25000ppm. K
5.8	43.2 seg.	43.2	43.2	43.2
8	33.55	32	35.1	33.45
9	37.7	34.45	40.4	29.55
10	32.95	31.45	31.8	31.7
11	34.35	37.65	44.2	34.4

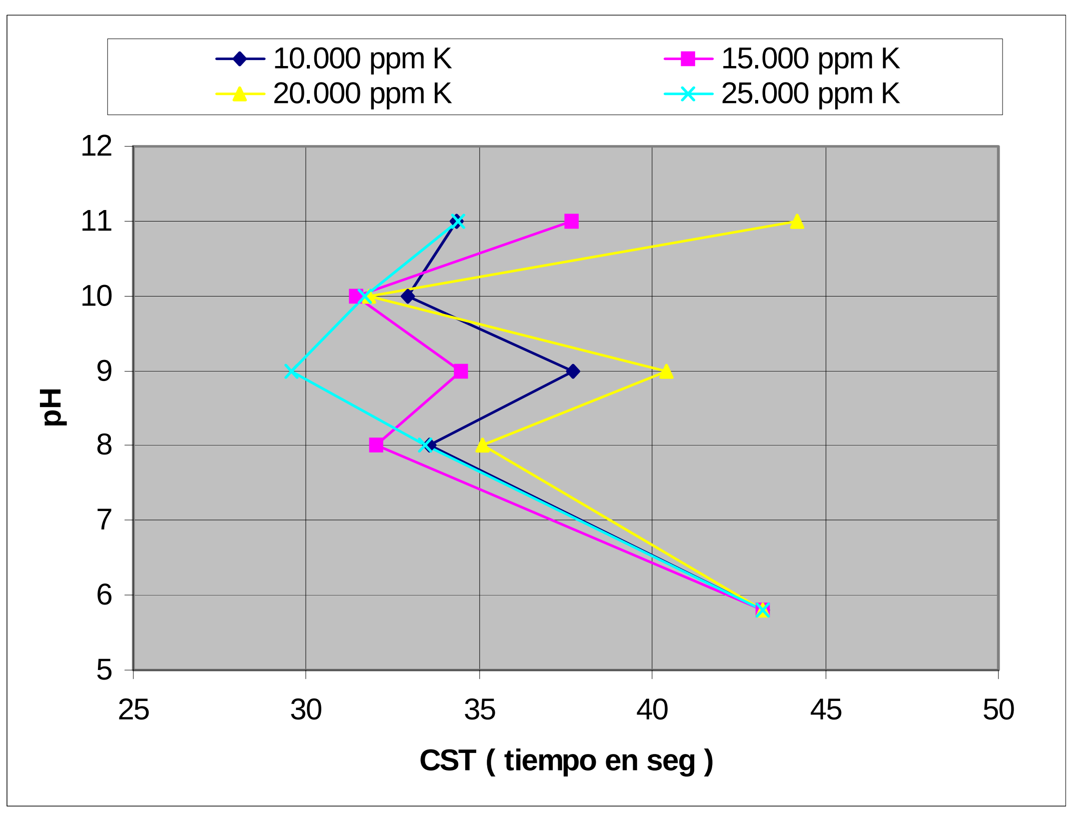


Gráfico Nº 2.9.- Representación gráfica de la formación Orteguaza utilizando Nitrato de Potasio.

Formación Tiyuyacu utilizando diferentes soluciones de Nitrato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla Nº 2.13

Resultados del CST de la formación Tiyuyacu utilizando Nitrato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25.000ppm K
5.8	245.5 seg.	245.5	245.5	245.5
8	65.8	73.2	44.5	45.7
9	49	49.3	47.2	46.25
10	59	39.15	48.7	47.35
11	52.5	42.75	51.5	50.6

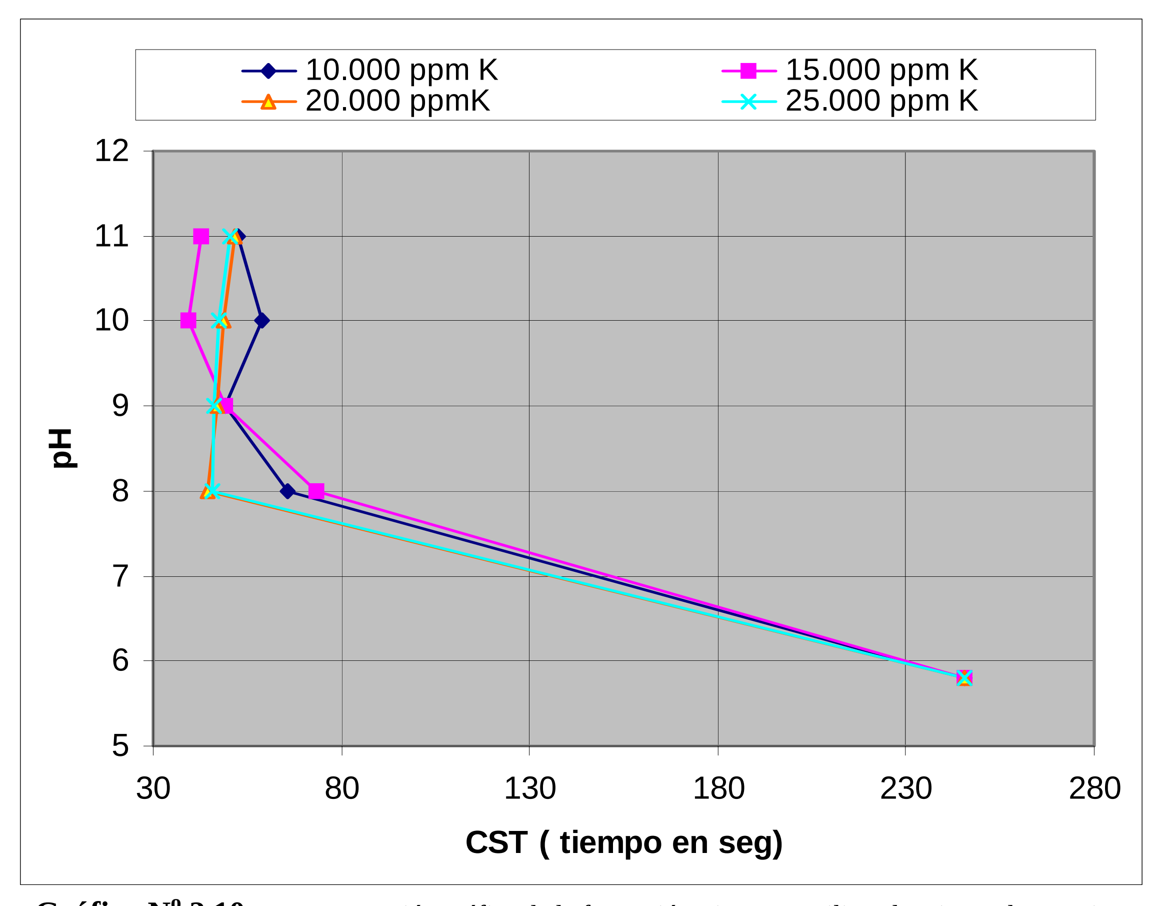


Gráfico Nº 2.10.- Representación gráfica de la formación Tiyuyacu utilizando Nitrato de Potasio.

Formación Tena utilizando diferentes soluciones de Nitrato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla N° 2.14

Resultados del CST de la formación Tena utilizando Nitrato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25.000ppm K
5.8	520.9 seg.	520.9	520.9	520.9
8	65.8	54.5	52.5	56.3
9	55.25	56.6	60.05	68.2
10	60.3	55.55	59.4	66.4
11	57.7	59	54.75	59.55

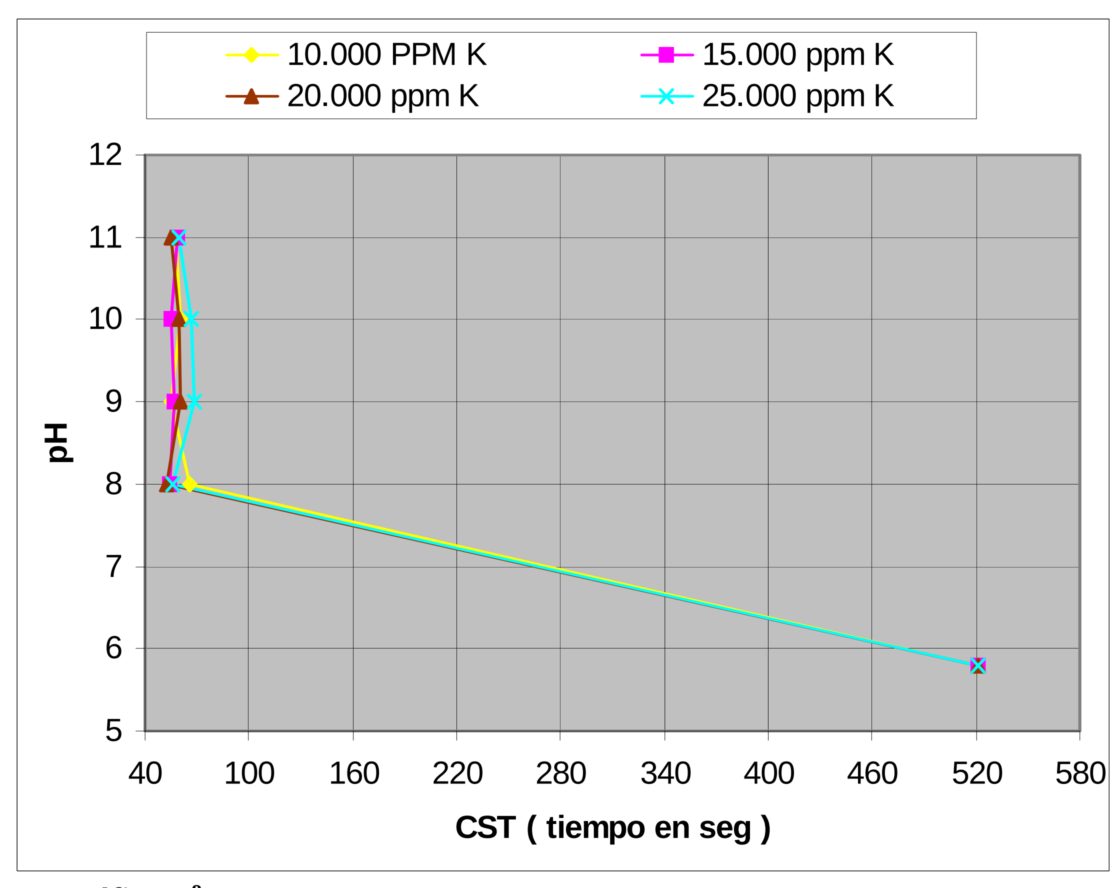


Gráfico N° 2.11.- Representación gráfica de la formación Tena utilizando Nitrato de Potasio.

2.1.2.2 RESULTADOS DE LA SOLUCION SULFATO DE POTASIO VARIANDO SU CONCENTRACION Y pH.

Formación Orteguaza utilizando diferentes soluciones de Sulfato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla Nº 2.15

Resultados del CST de la formación Orteguaza utilizando Sulfato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25.000ppm K
8	27.95 seg.	32.95	31.85	33.5
9	28.65	28.85	34.95	34.2
10	28.15	28.7	32.6	33.3
11	31.2	29.95	31.85	30.1

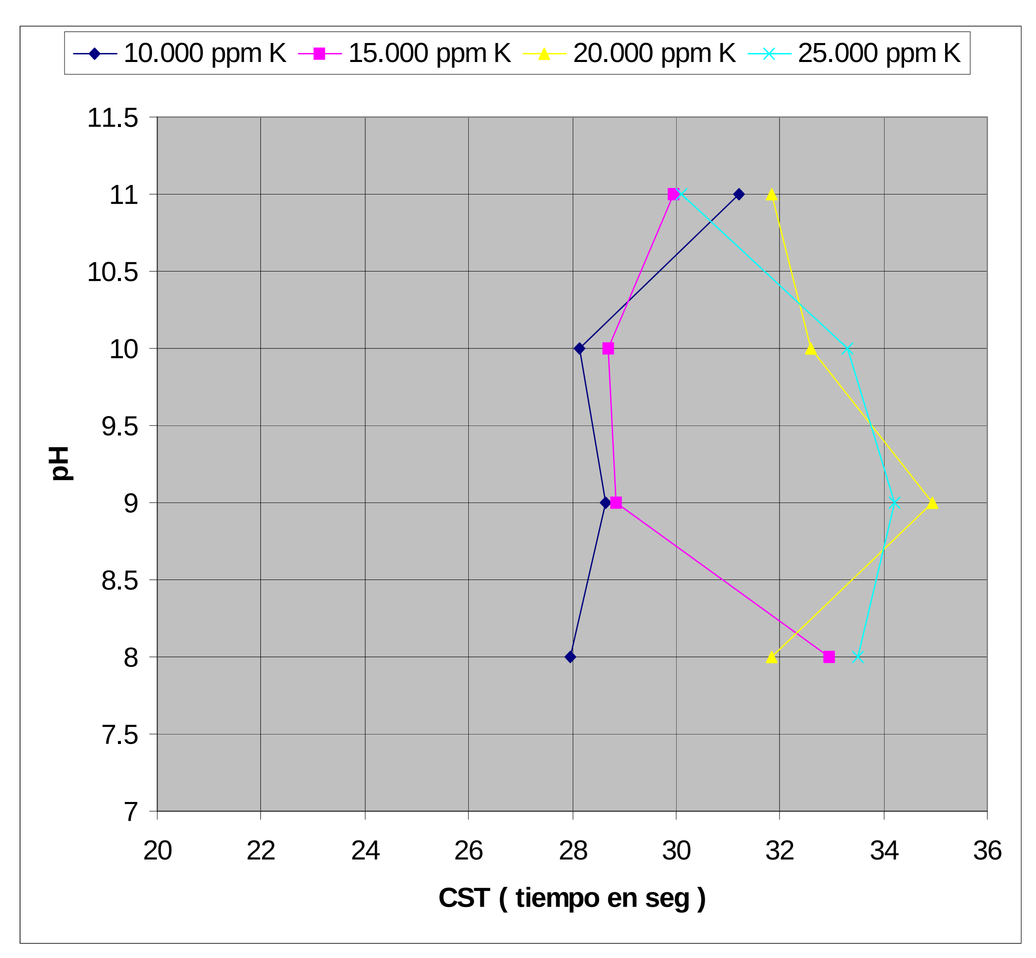


Gráfico Nº 2.12.- Representación gráfica de la formación Orteguaza utilizando Sulfato de Potasio.

Formación Tiyuyacu utilizando diferentes soluciones de Sulfato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla N° 2.16

Resultados del CST de la formación Tiyuyacu utilizando Sulfato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25.000ppm K
8	31.85 seg.	35.55	44.45	38.75
9	30.1	26.75	32.45	35.75
10	28.75	27.25	30.3	30.3
11	30.75	28.35	31.35	30.9

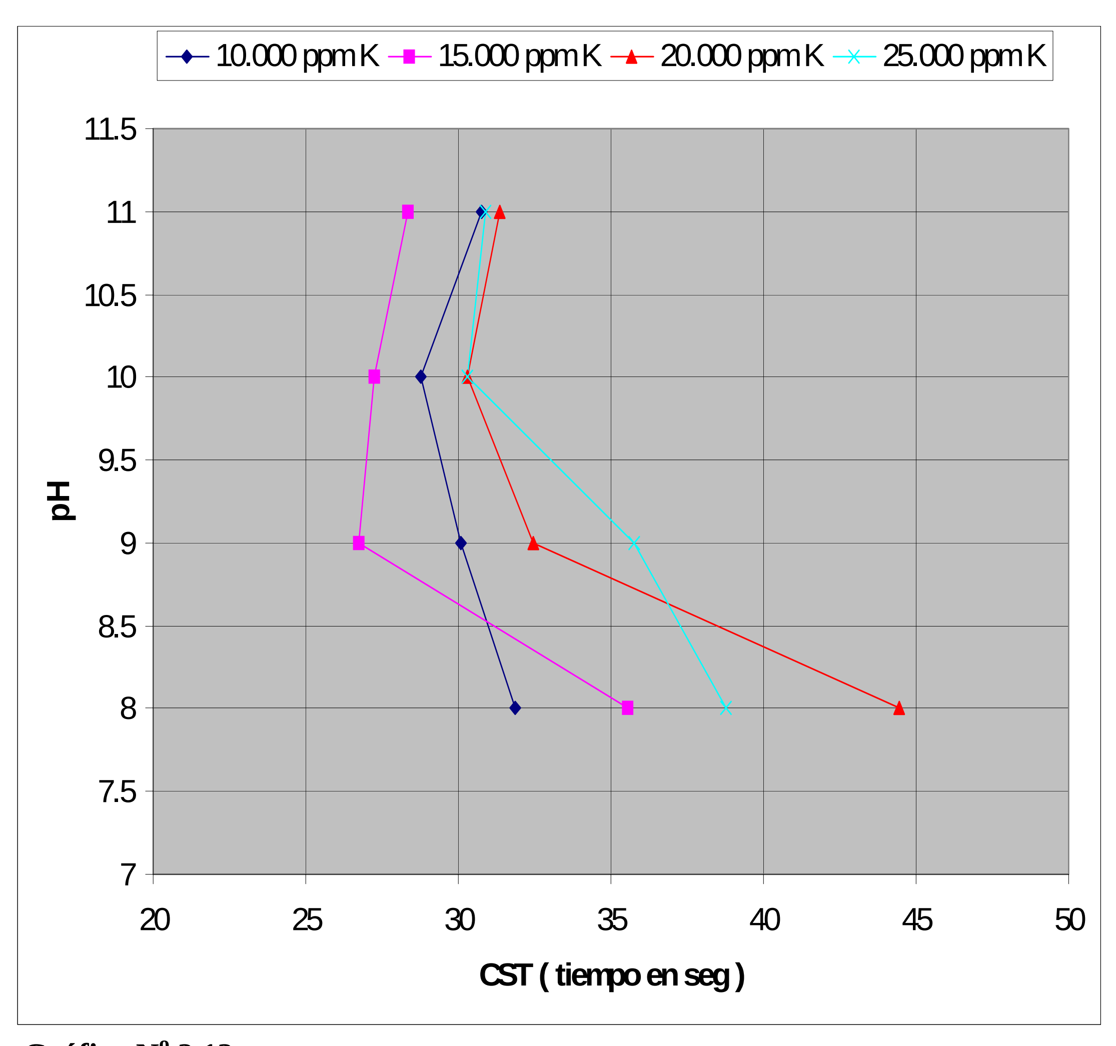


Gráfico N° 2.13.- Representación gráfica de la formación Tiyuyacu utilizando Sulfato de Potasio.

Formación Tena utilizando diferentes soluciones de Sulfato de Potasio variando el pH con KOH

Tabla Nº 2.17

Resultados del CST de la formación Tena utilizando Sulfato de Potasio

pH	10.000ppm K	15.000ppm K	20.000ppm K	25.000ppm K
8	42.4 seg.	37.95	52.6	38.8
9	40.55	35.7	44.9	39.7
10	39.05	36.5	44.9	37.75
11	42.95	41.25	46.4	36.55

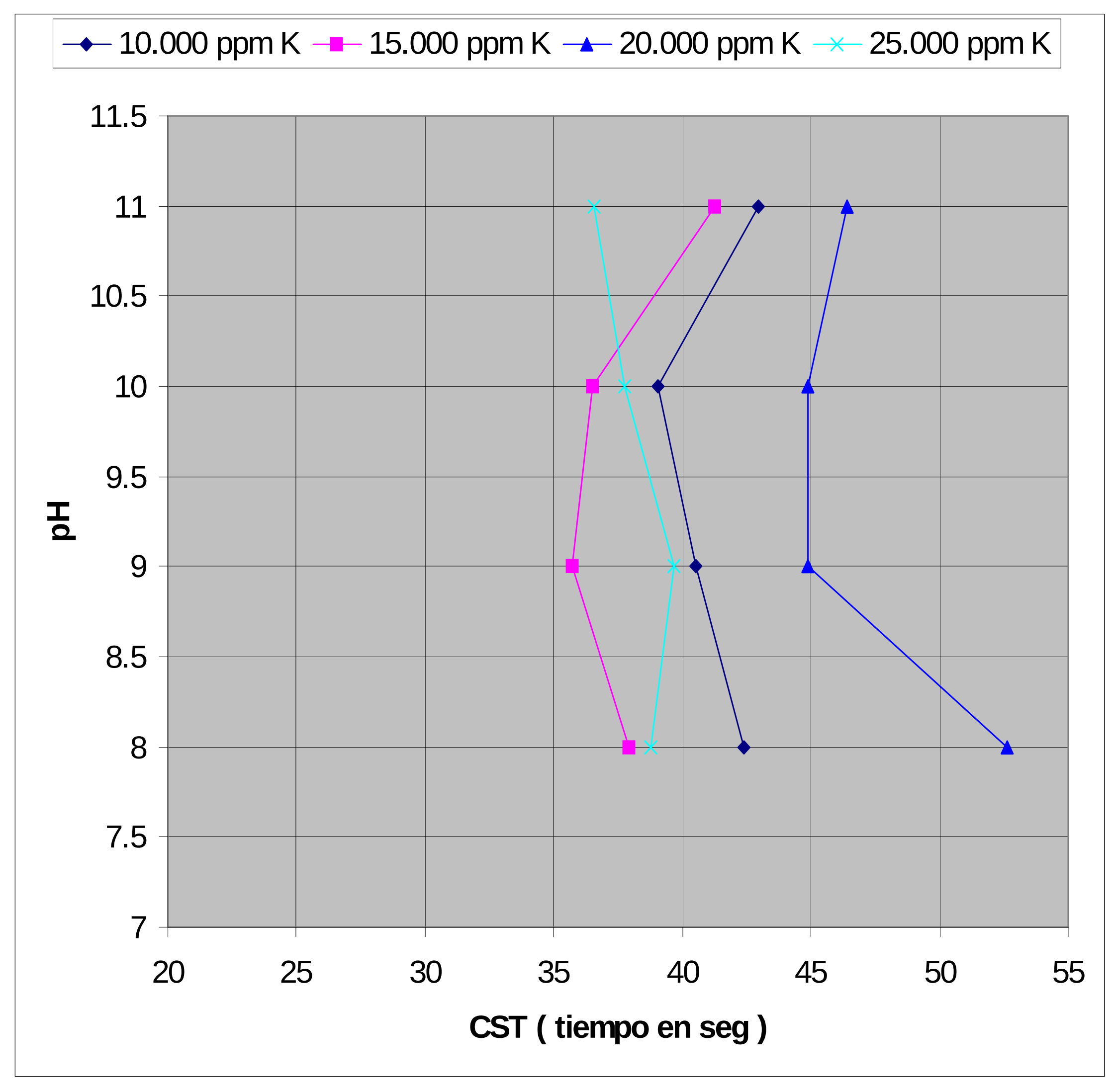


Gráfico Nº 2.14.- Representación gráfica de la formación Tena utilizando Sulfato de Potasio.

2.1.2.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS SOLUCIONES DE NITRATO DE POTASIO Y SULFATO DE POTASIO.

Analizando las curvas de inhibición de Nitrato de Potasio para un pH entre 10 y 11 se puede ver claramente que no existe una tendencia definida para cada formación con respecto a las soluciones; entonces, se deduce que el comportamiento de las soluciones es bastante similar.

En vista que se va a mejorar un lodo añadiendo otra fuente de Potasio (SCAL) en diferentes porcentajes, se utilizaran las concentraciones de 10 000, 15 000 y 20 000 ppm de K+. Se consideran las concentraciones mas bajas e inhibidoras, para de esta manera minimizar la cantidad de Nitrato de Potasio y sustituirlo con SCAL.

En cambio, analizando las curvas de inhibición de Sulfato de Potasio para un pH entre 10 y 11, es notorio que la mejor tendencia inhibidora esta dada por las soluciones de 15000 ppm K+.

El pH entre 10 y 11 es el de mayor interés, ya que se van a mezclar las mejores soluciones con SCAL para de esta manera mejorarlas. Una de las propiedades del SCAL es su alta alcalinidad; es por esta razón que se escoge directamente el comportamiento cuando la solución tiene un pH entre 10 y 11. El comportamiento de alcalinidad del SCAL en 1 litro de agua se muestra en la Tabla Nº 2.18.

Tabla Nº 2.18

Comportamiento de la alcalinidad del SCAL.

Porcentaje de SCAL añadido en 1 litro de agua	pH
0%	7.31
1%	10.82
2%	11.04
3%	11.22

2.2 DISPERSION.

Como se describió anteriormente, la dispersión se define como la subdivisión de agregados o plaquetas de arcillas y es usualmente el resultado de efectos electro-quimicos y mecánicos. Los efectos electro-quimicos están ligados directamente a la inhibición, ya que si existe una buena inhibición (no hinchamiento de arcillas) la dispersión disminuiría notablemente. Esto se debe, a que cuando se hinchan las arcillas, se debilitan o se rompen los enlaces interlaminares, dando lugar al desprendimiento de laminas arcillosas. Los efectos mecánicos; en cambio, se basan primordialmente en la erosión de las paredes del pozo por las altas velocidades del fluido de perforación en el espacio anular (entre la tubería de perforación y las paredes del hueco).

Como se pudo observar en el análisis de inhibición, las mejores concentraciones de las soluciones de Nitrato de Potasio con un pH entre 10 y 11 son de: 10 000, 15 000 y 20 000 ppm de K+; en cambio, para las soluciones de Sulfato de Potasio la mejor es la de 15 000 ppm de K+.

Con estas soluciones escogidas del análisis de inhibición, se tratara de mejorar la inhibición añadiendo los siguientes porcentajes de SCAL: 0%, 1%, 2% y 3%. Finalmente, se formulara un lodo con el mejor resultado que se obtenga mediante la mezcla con SCAL.

2.2.1 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA.

Este análisis esta basado en la prueba de dispersión, la cual es considerada según API “la más confiable dentro de la industria del petróleo”.

La prueba se fundamenta en someter a las arcillas a condiciones simuladas de temperatura y rotación por un tiempo determinado. A continuación, se describe el procedimiento general para la determinación del porcentaje de dispersión de las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena realizado en el laboratorio QMAX ECUADOR S.A. durante el desarrollo de esta invertigacion:

Prueba de dispersión de arcillas

Equipo:

- Horno especial para rolado.
- Celdas para el horno.
- Balanza (digital de cuatro decimales).
- Mallas de 20 y 10 Mesh.
- Platos de Aluminio.

Procedimiento:

1. Limpiar las muestras de arcilla con agua y secarlas a 105°C.
2. Pasar las muestras de arcilla por las mallas de 20 y de 10 Mesh. Las arcillas que se queden en la malla de 20 Mesh serán las arcillas que se utilizaran.
3. Pesar 3 gramos de arcilla para cada solución deseada. Registrar el peso exacto; este peso será Wi (peso inicial de la muestra).
4. Añadir la arcilla a las celdas con 400ml de fluido (solución a ser probada). Rolar por 5 horas (o como se recomiende) a una temperatura requerida.
5. Sacar las celdas del horno, dejarlas enfriar si se requiere y pasar el contenido por la malla de 20 Mesh.
6. Limpiar bien las celdas con agua para que todo el contenido se quede en la malla de 20 Mesh. Lavarlas con abundante agua. Si se analiza un lodo base aceite, lavar con xileno/isopropanol.
7. Trasladar la arcilla lavada de la malla a los platos de Aluminio. Secarlos a 105°C.
8. Pasar la arcilla seca por la malla de 20 Mesh. Quedarse con las arcillas que se queden en la malla y volver a pesar. Registrar el peso exacto; este será Wf (peso final de la muestra).

$$\% \text{ de dispersión de arcilla} = [(Wi - Wf) / Wi] * 100$$

Donde:

Wi = peso inicial de la muestra, gr.

Wf = peso final de la muestra, gr.

El objetivo de este procedimiento es encontrar un lodo con el *menor* porcentaje de dispersión posible, ya que esto significaría que se ha logrado formular un mejor lodo inhibidor dispersante.

2.2.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA.

Como primer paso, se realiza la prueba de dispersión con agua destilada. Estos resultados son los puntos de partida para hacer una comparación con respecto al lodo actualmente usado en el oriente ecuatoriano y a los diferentes lodos formulados.

A continuación, se muestran los cálculos efectuados para cada una de las combinaciones con los diferentes porcentajes de SCAL. La formulación para cada lodo nuevo (lodos de prueba) esta basada en las mismas cantidades y porcentajes que se utilizan actualmente en la zona Tarapoa y estos son:

- Viscosificante (0.5 ppb).
- Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb).
- Controlador de filtrado (0.5 ppb).
- Inhibidor liquido (3.5 %)

Donde:

ppb = libras por barril.

% = porcentaje del volumen total.

Estos son los aditivos primordiales del lodo a realizar la mejora. Es obvio que se necesitan mas aditivos como por ejemplo la barita, pero estos parámetros se los controlan dependiendo de las condiciones de cada pozo

MUESTRAS EN BLANCO UTILIZANDO AGUA DESTILADA

#1:

ORTEGUAZA

Wi = 3.0055 gr.

Wf = 1.1335 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 62.29

#2:

TIYUYACU

Wi = 3.0082 gr.

Wf = 2.8788 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 4.30

#3:

TENA

Wi = 3.0053 gr.

Wf = 2.7273 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 9.25

10 000 ppm K+, KNO_3 , 0 % SCAL

Lodo#1a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0057 gr.

Wf = 2.8220 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 6.11

Lodo#1a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0077 gr.

Wf = 2.9693 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.28

Lodo#1a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0010 gr.

Wf = 2.9383 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.09

10 000 ppm K+, KNO_3 , 1 % SCAL

Lodo#1b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0076 gr.

Wf = 2.8809 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 4.21

Lodo#1b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0062 gr.

Wf = 2.9980 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .27

Lodo#1b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0003

Wf =2.9733 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .90

10 000 ppm K+, KNO_3 , 2 % SCAL

Lodo#1c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0059 gr.

Wf = 2.9500 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.86

Lodo#1c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0081 gr.

Wf = 2.9996 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .28

Lodo#1c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0061 gr.

Wf = 2.9828 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .78

10 000 ppm K+, KNO_3 , 3 % SCAL

Lodo#1d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0011 gr.

Wf = 2.9870 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .46

Lodo#1d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0011 gr.

Wf = 2.9798 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .71

Lodo#1d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0066 gr.

Wf = 2.9814 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .84

10 000 ppm K+, KNO_3 , 2 % SCAL, no Inhibidor liquido

Lodo#1e: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0089 gr.

Wf = 2.8070 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 6.71

Lodo#1e: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0052 gr.

Wf = 2.9945 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .36

Lodo#1e: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

TENA

Wi = 3.0013 gr.

Wf = 2.9831 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .61

10 000 ppm K+, KNO_3, 3 % SCAL, no Inhibidor liquido

Lodo#1f: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0038 gr.

Wf = 2.8635 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 4.67

Lodo#1f: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0010 gr.

Wf = 2.9821 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .63

Lodo#1f: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (0 %)

TENA

Wi = 3.0004 gr.

Wf = 2.9893 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .37

15 000 ppm K+, KNO_3 , 0 % SCAL

Lodo#2a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0002 gr.

Wf = 2.7913 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 6.96

Lodo#2a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0057 gr.

Wf = 2.9691 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.22

Lodo#2a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0063 gr.

Wf = 2.9460 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2

15 000 ppm K+, KNO_3 , 1 % SCAL

Lodo#2b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0028 gr.

Wf = 2.8357 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 5.56

Lodo#2b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0016 gr.

Wf = 2.9828 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .63

Lodo#2b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0060 gr.

Wf = 2.9358 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.34

15 000 ppm K+, KNO_3 , 2 % SCAL

Lodo#2c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0021 gr.

Wf = 2.8721 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 4.33

Lodo#2c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0017 gr.

Wf = 2.9880 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .46

Lodo#2c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0279 gr.

Wf = 2.9876 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.33

15 000 ppm K+, KNO_3 , 3 % SCAL

Lodo#2d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0047 gr.

Wf = 2.9047 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 3.33

Lodo#2d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0091 gr.

Wf = 3.0030 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .2

Lodo#2d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0049 gr.

Wf = 2.9650 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.33

20 000 ppm K+, KNO_3 , 0 % SCAL

Lodo#3a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0020 gr.

Wf = 2.7630 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 7.96

Lodo#3a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0011 gr.

Wf = 2.9288 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.41

Lodo#3a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0015 gr.

Wf = 2.9218 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.66

20 000 ppm K+, KNO_3 , 1 % SCAL

Lodo#3b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0025 gr.

Wf = 2.8686 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 4.46

Lodo#3b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0292 gr.

Wf = 2.9790 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.66

Lodo#3b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0216 gr.

Wf = 2.9709 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.68

20 000 ppm K+, KNO_3 , 2 % SCAL

Lodo#3c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0080 gr.

Wf = 2.9268 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.70

Lodo#3c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0050 gr.

Wf = 3.9513 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.79

Lodo#3c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0007 gr.

Wf = 2.9448 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.86

20 000 ppm K+, KNO_3 , 3 % SCAL

Lodo#3d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0055 gr.

Wf = 2.9629 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.42

Lodo#3d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0016 gr.

Wf = 2.9730 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .95

Lodo#3d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0010 gr.

Wf = 2.9812 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = .66

15 000 ppm K+, K_2SO_4 , 0 % SCAL

Lodo#4a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0066 gr.

Wf = 2.2119 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 26.4

Lodo#4a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0046 gr.

Wf = 2.9693 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.17

Lodo#4a: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0008 gr.

Wf = 2.9364 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.15

15 000 ppm K+, K_2SO_4 , 1 % SCAL

Lodo#4b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0032 gr.

Wf = 2.2831 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 23.98

Lodo#4b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0071 gr.

Wf = 2.9622 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.49

Lodo#4b: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0026 gr.

Wf = 2.9654 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.24

15 000 ppm K+, K_2SO_4 , 2 % SCAL

Lodo#4c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0013 gr.

Wf = 2.4833 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 17.26

Lodo#4c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0033 gr.

Wf = 2.9382 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 2.17

Lodo#4c: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0030 gr.

Wf = 2.9655 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.25

15 000 ppm K+, K_2SO_4 , 3 % SCAL

Lodo#4d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

ORTEGUAZA

Wi = 3.0044 gr.

Wf = 2.4166 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 19.56

Lodo#4d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TIYUYACU

Wi = 3.0088 gr.

Wf = 2.9536 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.83

Lodo#4d: Viscosificante (0.5 ppb), Polímero inhibidor sólido (1.5 ppb), Controlador de filtrado (0.5 ppb), Inhibidor liquido (3.5 %)

TENA

Wi = 3.0032 gr.

Wf = 2.9505 gr.

% dispersión de arcillas = ((Wi – Wf)/Wi)) * 100

% dispersión de arcillas = 1.75

2.2.3 TABLAS DE RESULTADOS DE REOLOGIA Y DISPERSION PARA CADA UNO DE LOS LODOS FORMULADOS.

El resumen de los resultados de reología y dispersión obtenidos en el laboratorio QMAX ECUADOR S.A. durante el desarrollo de esta investigacion se muestra en las siguientes tablas:

Tabla N° 2.19

Resumen de la formulación para cada lodo de prueba de Nitrato de Potasio de 10 000 y 15 000 ppm de K+.

	LODO 1					
COMPONENTES	**LODO 1a**	**LODO 1b**	**LODO 1c**	**LODO 1d**	**LODO 1e**	**LODO 1f**
Nitrato de Potasio	10000 ppm K+	10000 ppm K+	10000 ppm K+	10000 ppm K+	10000 ppm K+	10000 ppm K+
Sulfato de Potasio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
SCAL	0%	1%	2%	3%	2%	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	0%	0%

	LODO 2			
COMPONENTES	**LODO 2a**	**LODO 2b**	**LODO 2c**	**LODO 2d**
Nitrato de Potasio	15000 ppm K+	15000 ppm K+	15000 ppm K+	15000 ppm K+
Sulfato de Potasio	N/A	N/A	N/A	N/A
SCAL	0%	1%	2%	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%

Tabla N° 2.20

Resumen de la formulación para cada lodo de prueba de Nitrato de Potasio de 20 000 ppm de K+ y 15 000 ppm de K+ de Sulfato de Potasio.

	LODO 3			
COMPONENTES	**LODO 3a**	**LODO 3b**	**LODO 3c**	**LODO 3d**
Nitrato de Potasio	20000 ppm K+	20000 ppm K+	20000 ppm K+	20000 ppm K+
Sulfato de Potasio	N/A	N/A	N/A	N/A
SCAL	0%	1%	2%	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%

	LODO 4			
COMPONENTES	**LODO 4a**	**LODO 4b**	**LODO 4c**	**LODO 4d**
Nitrato de Potasio	N/A	N/A	N/A	N/A
Sulfato de Potasio	15000 ppm K+	15000 ppm K+	15000 ppm K+	15000 ppm K+
SCAL	0%	1%	2%	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%

Tabla Nº 2.21

Reología de cada lodo de prueba analizado

	1a	1b	1c	1d	1e	1f	2a	2b	2c	2d
600 RPM	33	41	44	44	34	35	32	42	42	42
300 RPM	23	29	31	31	23	24	22	30	31	31
200 RPM	19	23	25	25	19	20	18	24	24	24
100 RPM	13	17	18	18	13	13	13	17	17	17
6 RPM	3	4	4	4	3	3	3	4	5	5
3 RPM	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3
Geles	3-4-4	4-4-4	4-4-4	4-4-5	3-3-3	3-3-3	3-4-4	4-4-4	4-4-4	4-4-4
PV	10	12	13	13	11	11	10	12	11	11
YP	13	17	18	18	12	13	12	18	20	20
FL	72	26	16	16	17	15,5	250	42,5	22	20
pH	8,63	10,52	10,82	10,92	10,77	10,92	7,11	10,5	10,72	10,88

	3a	3b	3c	3d	4a	4b	4c	4d
600 RPM	30	33	36	36	32	35	42	43
300 RPM	20	23	25	26	22	24	30	31
200 RPM	16	19	20	21	18	19	24	25
100 RPM	11	13	15	15	12	13	17	17
6 RPM	3	3	4	4	3	3	4	5
3 RPM	2	2	3	3	2	2	3	4
Geles	2-3-3	3-4-4	4-4-4	4-4-4	3-3-3	3-3-3	3-4-4	4-4-4
PV	10	10	11	10	10	11	12	12
YP	10	13	14	16	12	13	18	19
FL	76	24	19	19	250	22	17	17
pH	7,61	10,38	10,77	10,91	8,21	10,43	10,69	10,82

Tabla N° 2.22

Resultados de la prueba de dispersión utilizando agua destilada

Formación	Wi	Wf	Dispersión
	Gramos	Gramos	Porcentaje
Orteguaza	3,0055	1,1335	62,29
Tiyuyacu	3,0082	2,8788	4,30
Tena	3,0053	2,7273	9,25

Nota: Rolado a 50°C (122°F) por 4 horas

Tabla N° 2.23

Porcentajes de dispersión para cada formación utilizando el lodo de prueba de Nitrato de Potasio de 10 000 ppm de K+ .

	Formación	Wi	Wf	Dispersión
		gr.	gr.	%
LODO 1a	Orteguaza	3,0057	2,8220	6,11
	Tiyuyacu	3,0077	2,9693	1,28
	Tena	3,0010	2,9383	2,09
LODO 1b	Orteguaza	3,0076	2,8809	4,21
	Tiyuyacu	3,0062	2,9980	0,27
	Tena	3,0003	2,9733	0,90
LODO 1c	Orteguaza	3,0059	2,9500	1,86
	Tiyuyacu	3,0081	2,9996	0,28
	Tena	3,0061	2,9828	0,78
LODO 1d	Orteguaza	3,0011	2,9870	0,47
	Tiyuyacu	3,0011	2,9798	0,71
	Tena	3,0066	2,9814	0,84
LODO 1e	Orteguaza	3,0089	2,8070	6,71
	Tiyuyacu	3,0052	2,9945	0,36
	Tena	3,0013	2,9831	0,61
LODO 1f	Orteguaza	3,0038	2,8635	4,67
	Tiyuyacu	3,0010	2,9821	0,63
	Tena	3,0004	2,9893	0,37

Nota: Rolado a 50°C (122°F) por 4 horas.

Tabla N° 2.24

Porcentajes de dispersión para cada formación utilizando los lodos de prueba de Nitrato de Potasio de 15 000 y 20 000 ppm de K+.

	Formación	Wi	Wf	Dispersión
		gr.	gr.	%
LODO 2a	Orteguaza	3,0002	2,9537	1,55
	Tiyuyacu	3,0057	2,9691	1,22
	Tena	3,0063	2,9460	2,01
LODO 2b	Orteguaza	3,0028	2,8357	5,56
	Tiyuyacu	3,0016	2,9828	0,63
	Tena	3,0060	2,9358	2,34
LODO 2c	Orteguaza	3,0021	2,8721	4,33
	Tiyuyacu	3,0017	2,9880	0,46
	Tena	3,0279	2,9876	1,33
LODO 2d	Orteguaza	3,0047	2,9047	3,33
	Tiyuyacu	3,0091	3,0030	0,20
	Tena	3,0049	2,9650	1,33
LODO 3a	Orteguaza	3,0020	2,7630	7,96
	Tiyuyacu	3,0011	2,9288	2,41
	Tena	3,0015	2,9218	2,66
LODO 3b	Orteguaza	3,0025	2,8686	4,46
	Tiyuyacu	3,0292	2,9790	1,66
	Tena	3,0216	2,9709	1,68
LODO 3c	Orteguaza	3,0080	2,9268	2,70
	Tiyuyacu	3,0050	2,9513	1,79
	Tena	3,0007	2,9448	1,86
LODO 3d	Orteguaza	3,0055	2,9629	1,42
	Tiyuyacu	3,0016	2,9730	0,95
	Tena	3,0010	2,9812	0,66

Nota: Rolado a 50°C (122°F) por 4 horas.

Tabla N° 2.25

Porcentajes de dispersión para cada formación utilizando el lodo de prueba de Sulfato de Potasio de 15 000 ppm de K+.

	Formación	Wi	Wf	Dispersión
		gr.	gr.	%
LODO 4a	Orteguaza	3,0066	2,2119	26,43
	Tiyuyacu	3,0046	2,9693	1,17
	Tena	3,0008	2,9364	2,15
LODO 4b	Orteguaza	3,0032	2,2831	23,98
	Tiyuyacu	3,0071	2,9622	1,49
	Tena	3,0026	2,9654	1,24
LODO 4c	Orteguaza	3,0013	2,4833	17,26
	Tiyuyacu	3,0033	2,9382	2,17
	Tena	3,0030	2,9655	1,25
LODO 4d	Orteguaza	3,0044	2,4166	19,56
	Tiyuyacu	3,0088	2,9536	1,83
	Tena	3,0032	2,9505	1,75

Nota: Rolado a 50°C (122°F) por 4 horas.

2.2.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE DISPERSION

El análisis de los resultados de dispersión, como se dijo anteriormente, se basa en la búsqueda del lodo que tenga el menor porcentaje de dispersión para las tres formaciones analizadas. Se puede concluir entonces, después de observar detenidamente todos los resultados de dispersión, que el lodo **1d** es el mejor lodo inhibidor dispersante para las tres lutitas más problemáticas en la bloque Tarapoa.

Adicionalmente, se tiene que realizar una comparación con respecto al agua destilada y al lodo que actualmente se usa en el oriente ecuatoriano. Esta comparación se muestra a continuación con sus respectivos histogramas para cada formación analizada:

Tabla Nº 2.26

Comparación de dispersión para las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena con respecto al agua destilada y al lodo actual

Formación	Agua destilada	Lodo actual	Lodo mejorado
Orteguaza	62.29%	26.43%	.47%
Tiyuyacu	4.30%	1.17%	.71%
Tena	9.25%	2.15%	.84%

Lutita Orteguaza

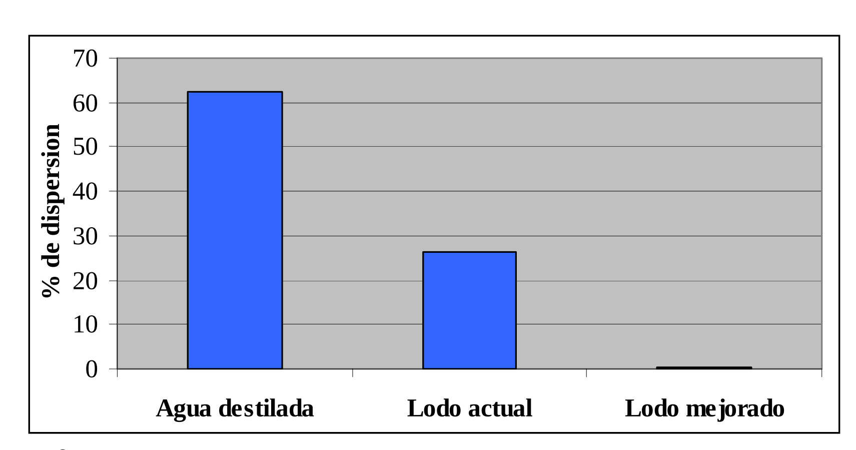


Gráfico Nº 2.15 .- Representación gráfica del mejoramiento de dispersión para la formación Orteguaza

Lutita Tiyuyacu

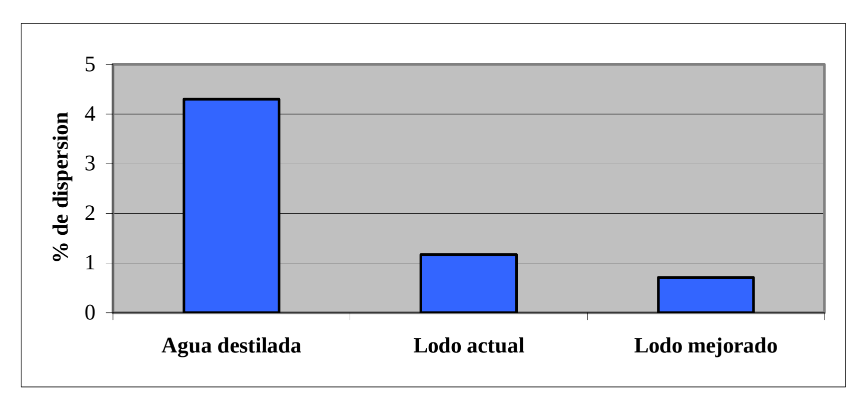


Gráfico N° 2.16.- Representación gráfica del mejoramiento de dispersión para la formación Tiyuyacu

Lutita Tena

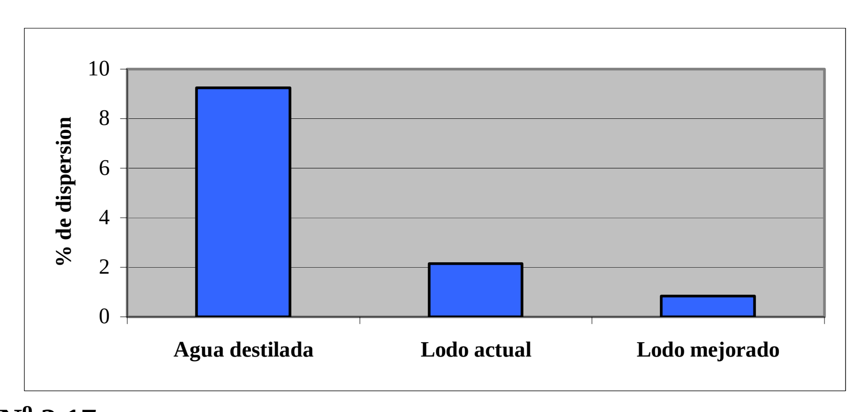


Gráfico N° 2.17.- Representación gráfica del mejoramiento de dispersión para la formación Tena.

2.3 FORMULACION DEL LODO DE PRUEBA

Basados en los análisis de inhibición y finalmente de dispersión, se ha llegado a un lodo de prueba final mejorando la inhibición y dispersión de las arcillas de la siguiente manera:

Tabla N° 2.27

Porcentajes de mejora del lodo de prueba final con respecto al agua destilada y el lodo actual

Formación	Porcentaje de mejora con respecto al agua destilada	Porcentaje de mejora con respecto al lodo actual
Orteguaza	99.25	98.22
Tiyuyacu	83.49	39.32
Tena	90.92	60.93

El lodo de prueba final mejorado tiene la siguiente formulación general:

Tabla N° 2.28

Formulacion del lodo de prueba final mejorado

COMPONENTES	LODO 1d
Nitrato de Potasio	10000 ppm K+
Sulfato de Potasio	N/A
SCAL	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%

CAPITULO III

EVALUACION EN LABORATORIO DEL LODO FORMULADO.

Después del análisis de inhibición y dispersión en el laboratorio QMAX ECUADOR S.A., se consiguió el mejor lodo inhibidor dispersante. Este lodo se lo describe a continuación:

Tabla Nº 3.1

Componentes del mejor lodo inhibidor dispersante

COMPONENTES	LODO 1d
Nitrato de Potasio	10000 ppm K+
Sulfato de Potasio	N/A
SCAL	3%
Polímero inhibidor sólido	1.5 ppb
Viscosificante	0.5 ppb
Controlador de filtrado	0.5 ppb
Inhibidor liquido	3,50%

En esta sección se van a analizar todas las propiedades de este nuevo lodo formulado para de esta manera, tener una mejor visión de todas las posibles condiciones que se pueden determinar en superficie.

3.1 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES DEL LODO.

A continuación se muestran todas las propiedades a determinar en el laboratorio con sus respectivos procedimientos de campo recomendados por el Instituto Americano de Petróleo (API).

3.1.1 VISCOSIDAD.

Para el calculo de las propiedades reológicas del mejor lodo inhibidor dispersante, se utilizara el viscosimetro rotacional Fann de 115 volt. de lectura directa, el cual tiene velocidades de 3, 6, 100, 200, 300 y 600 rpm. La resistencia de geles se determina usando la velocidad de 3 rpm. Este viscosimetro tiene un espacio anular entre dos cilindros. La muestra de lodo es contenida en el espacio anular y la camisa exterior gira a una velocidad constante, lo cual produce cierta torsión sobre el flotante ("bob") o cilindro interior. El movimiento del flotante es restringido por un resorte de torsión y un dial conectado registra el desplazamiento del flotante a varias revoluciones por minuto (rpm) de la camisa exterior.

Procedimiento para la determinación de viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto de cedencia y resistencia de geles:

1. Obtener una muestra de lodo.
2. Transferir el lodo a un recipiente adecuado para efectuar las mediciones. Registrar la temperatura de la muestra de lodo.
3. Sumergir la camisa rotatoria en la muestra de lodo hasta la marca indicada.

4. Con la camisa rotando a 600 rpm, registrar la lectura del dial, una vez que se ha estabilizado.
5. Cambiar la velocidad de rotación a 300 rpm y registrar la lectura del dial, una vez que se ha estabilizado.

   La viscosidad aparente (AV) en centipoises se determina al dividir la lectura a 600 rpm por dos.

   La viscosidad plástica (PV) en centipoises se determina al substraer la lectura a 300 rpm de la lectura a 600 rpm.

   El punto de cedencia (YP) en lb/100 $pies^2$ es igual a la lectura a 300 rpm menos la viscosidad plástica.
6. Cizallar la muestra de lodo por 10 segundos a una alta velocidad y permitir que permanezca sin perturbar por 10 segundos. Hacer girar el rotor lentamente en dirección opuesta a la de las manecillas de un reloj para producir una lectura del dial positiva. La lectura máxima es la resistencia de gel de 10 segundos en lb/100 $pies^2$. La temperatura de la muestra debe registrarse.
7. Cizallar la muestra nuevamente por 10 segundos a una alta velocidad y permitir que permanezca quieta por 10 minutos. La medición se hace exactamente como la de 10 segundos y es registrada como la resistencia de gel de 10 minutos en lb/100 $pies^2$. La temperatura de la muestra debe registrarse.
8. Se hace el mismo procedimiento que en el paso 7, pero por 30 minutos y es registrada como la resistencia de gel de 30 minutos en lb/100 $pies^2$. La temperatura la muestra también debe ser registrada.

A continuación se muestran los resultados reologicos del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.2

Resultados de viscosidad para el mejor lodo inhibidor dispersante

Medidas de viscosidad	Resultados
600 RPM	44
300 RPM	31
6 RPM	4
3 RPM	3
Geles	4-4-5
AV	22 cp
PV	13 cp
YP	18 lb / 100 $pies^2$

3.1.2 VISCOSIDAD DE EMBUDO MARSH.

El embudo Marsh es un instrumento con una configuración definida, utilizado para medir la viscosidad de embudo de una muestra de 1500 cm^3 de un fluido de perforación. El embudo tiene un diámetro de 6 pulgadas en el extremo superior y una longitud de 12 pulgadas. Su diámetro decrece hasta alcanzar un tubo de 2 pulgadas de longitud cuyo diámetro interno es de 3/16 de pulgada. El embudo contiene un tamiz fijo de malla 12 a una distancia de ¾ de pulgada del borde superior del embudo.

Para probar una muestra de un fluido de perforación, se utiliza el siguiente procedimiento:

Procedimiento:

1. Cubrir el orificio del tubo del embudo con un dedo y llenar el embudo a nivel del lado inferior del tamiz. El lodo debe vertirse a través del tamiz de malla 12 para asegurarse que el orificio de 3/16 de pulgada no será taponado por materiales sólidos de mayor tamaño. Este proceso de tamizacion elimina del lodo materiales para perdida de circulación, grumos de barita y gel, y sólidos perforados de gran tamaño.
2. Seguidamente, el dedo se remueve del orificio y midiendo el tiempo hasta el segundo más cercano, se deja fluir 1 cuarto (940 cm^3) de la muestra. En algunas áreas, es una practica común el medir el tiempo para el flujo de 1000 cm^3. La viscosidad de embudo Marsh de un fluido se expresa en segundos por cuarto (seg/qt) o segundos por litro (seg/1000 cm^3).
3. La temperatura del fluido debe ser registrada.

El embudo Marsh puede ser calibrado utilizando agua dulce. Agua dulce a ± 70^oF (21^oC) debe tener una viscosidad de embudo de 26 ± 0.5 seg/qt. La viscosidad de embudo Marsh puede ser corregida utilizando la siguiente formula:

$$\frac{26 \text{ seg/qt}}{\text{Flujo de Agua medido (seg/qt)}} = \frac{X}{\text{Flujo de la muestra medido (seg/qt)}}$$

Donde X = Viscosidad de embudo Marsh verdadera

Una broca de 3/16 de pulgada puede ser usada para limpiar el pequeño orificio del embudo. Esto debe hacerse periódicamente para asegurarse de precisión.

A continuación se muestra el resultado de la viscosidad Marsh del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla N° 3.3

Resultado de la viscosidad Marsh del mejor lodo inhibidor dispersante

Viscosidad Marsh	Unidad
49	Segundos

3.1.3 DENSIDAD.

La densidad de un fluido de perforación es su peso en una unidad especifica de volumen. La densidad puede ser expresada en libras por galón (ppg), libras por pie cubico (pcf), peso especifico (sp gr o p.e), gradiente de presión (psi/pie). El instrumento usado con mas frecuencia para determinar la densidad de fluidos de perforación es la balanza de lodo. Este instrumento permite mediciones con una precisión entre ±0.1 ppg, o ± 0.5 pcf. La balanza de lodo consiste de las siguientes partes: una base de soporte, un recipiente con cubierta, un brazo graduado con caballete móvil, y un punto de apoyo con una burbuja de nivel.

El procedimiento en la determinación de la densidad de una muestra de un fluido de perforación es:

Procedimiento:

1. Colocar el estuche que contiene la balanza en una superficie nivelada.
2. Abrir el estuche y remover la balanza y cubierta asegurándose que ambas estén limpias y secas.
3. Llenar el recipiente de la balanza hasta el tope con la muestra del fluido y lentamente asentar la cubierta con un movimiento giratorio firme. Parte del fluido será expulsado a través del orificio en la cubierta, indicando así que el recipiente esta lleno. Asegurarse que todas las burbujas de aire escapen al llenar el recipiente.
4. Colocar un dedo o el pulgar sobre el orificio en la cubierta y lavar o limpiar todo el lodo en el exterior del recipiente y del brazo.
5. Después, colocar la balanza sobre el soporte. El punto de apoyo en forma de cuchilla encaja en la ranura de la base y el caballete móvil se utiliza para equilibrar el brazo. El brazo esta en equilibrio cuando la burbuja esta en el centro del nivel.
6. La densidad de la muestra se lee al borde del caballete más cercano a la base de soporte, utilizando una de las cuatro escalas impresas en el brazo de la balanza.
7. La balanza de lodo debe lavarse y secarse completamente después de cada uso para prevenir la corrosión. Limpieza inadecuada del estuche resultara en la imprecisión de las escalas.

La balanza de lodo debe calibrarse periódicamente con agua dulce para asegurar precisión. El agua dulce debe pesar 8.33 ppg o 62.3 pcf. Cualquier diferencia puede corregirse numéricamente, por ajuste del tornillo de la balanza o por alteración de la cantidad de balines de plomo en el receptáculo en el extremo del brazo de la balanza.

A continuación se muestra el resultado de la densidad del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.4

Resultado de la densidad del mejor lodo inhibidor dispersante

Densidad	Unidad
8.5	ppg

3.1.4 CONTENIDO DE ARENA.

Un juego para contenido de arena es utilizado para la determinación del porcentaje de arena por volumen. Este juego consiste de un cedazo de un diámetro de 2 – ½ pulgadas con una malla 200, un embudo que encaja en el cedazo y un recipiente de vidrio calibrado desde 0 hasta 20 por ciento. El porcentaje de arena se lee directamente del recipiente de vidrio y se registra en el informe del lodo.

Procedimiento:

1. Obtener una muestra de lodo recientemente agitada.
2. Llenar el recipiente de vidrio hasta la marca “Lodo Hasta Aquí”.
3. Anadir agua clara hasta la marca “Agua hasta aquí”.
4. Cubrir la boca del recipiente con el dedo pulgar y sacudir vigorosamente.
5. Verter la mezcla sobre la malla del cedazo. Anadir mas agua al recipiente, sacudir y nuevamente verter mezcla sobre la malla. Repetir este proceso hasta tanto el agua este clara.

6. Colocar el embudo boca abajo sobre el extremo superior del cedazo y cuidadosamente invertir la unidad. Colocar el embudo en la boca del recipiente de vidrio y lavar la arena rociando agua sobre la malla.
7. Permitir que la arena se precipite y registrar el porcentaje de arena por volumen, tomando la lectura directamente del recipiente graduado. El lugar de procedencia de la muestra también debe ser registrado.

- Si se esta probando un lodo base petróleo, se debe utilizar un petróleo liviano en vez de agua (pasos 3 y 6).

A continuación se muestra el resultado del contenido de arena del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.5

Resultado del contenido de arena del mejor lodo inhibidor dispersante

Contenido de arena	**Unidad**
0	%

3.1.5 PRUEBA MBT (METHYLENE BLUE TEST).

Los siguientes materiales son necesarios para estimar la capacidad de intercambio de cationes de sólidos o arcillas (bentonitas) de fluidos de perforación a través del método de azul metileno (MBT).

1. Solución de azul de metileno: 3.74 g grado USP/1000 cm^3 (1 cm^3 = 0.01 miliequivalente).
2. Peróxido de Hidrogeno: Solución al 3%.
3. Acido sulfúrico: aproximadamente 5N.
4. Jeringa de 1 cm^3 o pipeta serológica de 1 cm^3.
5. Frasco Erlenmeyer: 250 cm^3.
6. Bureta: 10 cm^3.
7. Probeta graduada: 50 cm^3.
8. Agitador.
9. Parrilla de calentamiento de plancha.
10. Papel filtro.

Procedimiento:

1. Medir 2 cm^3 de la muestra de lodo en el frasco de Erlenmeyer, el cual contiene 10 cm^3 de agua destilada.
2. Añadir 15 cm^3 de Peróxido de Hidrogeno al 3%.
3. Añadir 0.5 cm^3 de ácido sulfúrico.
4. Hervir la muestra moderadamente por 10 minutos.
5. Después de hervir la muestra, llevar el volumen a un total de 50 cm^3 con agua destilada. Permitir que la mezcla se enfríe.
6. Añadir la solución de azul de metileno en incrementos de 0.5 cm^3. Después de cada adición rotar el contenido por 30 segundos aproximadamente. Mientras los sólidos permanecen en suspensión, remover una gota del liquido con el agitador y colocarla sobre el papel filtro. El punto final se alcanza cuando un anillo azul-verdoso aparece alrededor de los sólidos tenidos.

7. Cuando se alcanza el punto final, agitar por dos minutos y nuevamente colocar una gota del liquido sobre el papel filtro. Si el anillo azul-verdoso esta nuevamente en evidencia, se ha alcanzado el punto final. Si el anillo no aparece continuar añadiendo azul de metileno hasta cuando se alcance el punto final y este permanezca después de agitar por dos minutos adicionales. Registrar los cm^3 de azul de metileno utilizados.
8. El intercambio de cationes del lodo debe registrarse como la capacidad de azul de metileno, calculada como sigue:

   Capacidad de Azul de Metileno = cm^3 de azul de metileno / cm^3 de lodo.

Nota: Bentonita no es la única sustancia que absorbe azul de metileno en un fluido de perforación. La adición de peróxido de hidrogeno tiene por objeto eliminar el efecto de materiales orgánicos tales como CMC, poliacrilatos, lignosulfonatos y lignitos. El uso de peróxido de hidrogeno permite estimar el contenido de bentonita del lodo sin interferencia de otros materiales absorbentes. Los cálculos se hacen de la siguiente manera:

Bentonita, ppb = 5 x Capacidad de azul de metileno.

A continuación se muestra el resultado de la Prueba MBT del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.6

Resultado de la Prueba MBT del mejor lodo inhibidor dispersante

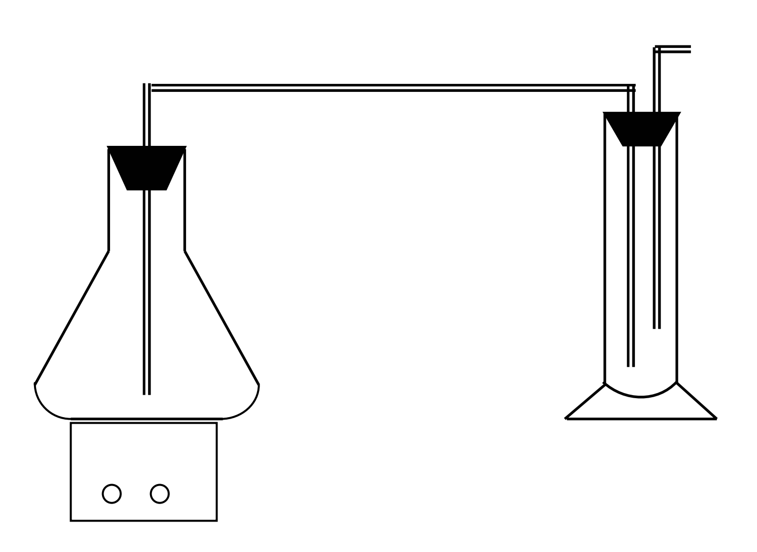
MBT	Unidad
0	Bentonita equivalente, ppb

3.1.6 DETERMINACION DE PHPA POR EXTRACCION CON AMONIACO

La determinación de PHPA en un lodo de perforación sirve para determinar la cantidad del polímero inhibidor sólido (PHPA) que esta actuando efectivamente en el fluido.

El procedimiento para la determinación del PHPA se lo efectúa de la siguiente manera:

Procedimiento:

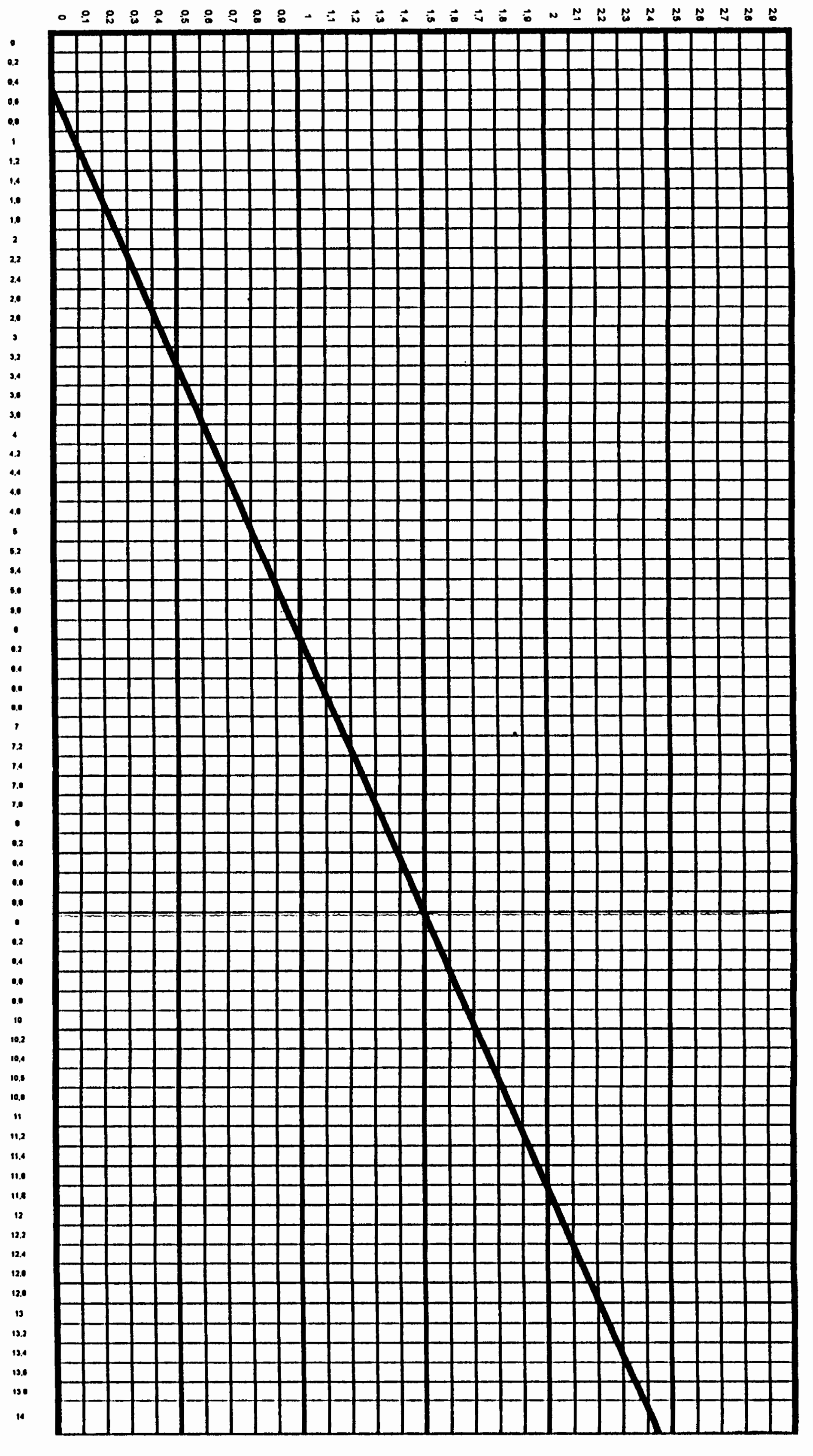


1. Poner en A:

    - 50 ml de agua destilada
    - 2 ml de antiespumante
    - 10 ml de lodo
    - añadir 3 ml de NaOH 6 N, e inmediatamente tapar el frasco Erlenmeyer

2. En B poner 25 ml de ácido Bórico 2%
3. Colocar 6 gotas de rojo de metilo,(el color debe ser rosado y no amarillo)
4. Calentar suavemente hasta alcanzar ebullición moderada, se irá recolectando fluido en el frasco B, hasta unos 25 ml aproximadamente, esto hará que la solución cambie de color rosa a color amarillo.
5. Una vez concluida la extracción, titular el frasco B con H_2SO_4 0.002 N hasta coloración rosada inicial.

Según la cantidad de ml utilizados, determinar en la gráfica adjunta la concentración de PHPA.


PHPA CONCENTRATION, PPB

A continuación se muestra el resultado de la determinación de PHPA por extracción con Amoniaco del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.7

Resultado de la determinación de PHPA por extracción con Amoniaco del mejor lodo inhibidor dispersante

PHPA	Unidad
.95	ppb

3.1.7 PRUEBA DE PERDIDA DE FILTRADO A BAJA TEMPERATURA

El filtro prensa es utilizado para determinar la tasa de perdida de filtrado y las características de la pared de la formación. El filtro prensa que se usara consiste de: un cuerpo cilíndrico con una cámara construida de materiales altamente resistentes a soluciones alcalinas, un medio para sellar la cámara y de esta manera aplicar presión, y un soporte apropiado sobre el cual se coloca un papel filtro. Por debajo de este soporte esta localizado un tubo de drenaje para la descarga del filtrado. También, reguladores de presión están colocados en la prensa.

Procedimiento:

1. Obtener una muestra de lodo y registrar la temperatura.
2. Asegurarse de que cada pieza de la prensa este limpia y que los empaques no estén desgastados. Llenar la cámara hasta .5 pulgadas (13 milímetros) de la parte superior (para minimizar la contaminación de CO_2 del filtrado).

3. Encajar el empaque 0 en su asiento y colocar por encima un papel filtro de 9 cm (Whatman No. 50, S & S 576 o equivalente).
4. Terminar de armar la cámara y colocarla en el soporte o base.
5. Colocar una probeta graduada seca bajo el tubo de drenaje para recibir el filtrado.
6. Cerrar la válvula de alivio o seguridad y ajustar el regulador para una presión de 100 $\pm$ 5 psi. Esta presión debe ser aplicada en menos de 30 segundos.
7. La prueba debe efectuarse por 30 minutos, comenzando al momento de la aplicación de presión.
8. Después de 30 minutos, cortar la presión destornillando el regulador y abrir la válvula de alivio o seguridad asegurándose que toda la presión sea liberada.
9. El volumen del filtrado se registra en cm^3 como filtrado API.
10. Remover la cámara de su soporte o base y desarmarla.
11. Desechar el lodo y preservar el papel filtro sin causar daño al revoque.
12. Lavar cuidadosamente el revoque con agua o, en el caso de fluidos de base petróleo con pérdida de filtrado mitigada, usar diesel.
13. Medir el espesor del revoque en treintaidosavos de pulgada y registrarlo.
14. La consistencia del revoque debe anotarse utilizando adjetivos tales como “firme”, “duro”, “blando”, “resistente” o “suave”.

A continuación se muestra la perdida de filtrado a baja temperatura del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla N° 3.8

Resultado de la pérdida de filtrado a baja temperatura del mejor lodo inhibidor dispersante

Pérdida de filtrado	Unidad
16	cm^3

3.1.8 PRUEBA DE Ca^{++}.

El objetivo de esta prueba es determinar la concentración del ion Calcio en el fluido de perforación.

Procedimiento:

1. Poner 1 ml de filtrado en un plato hondo de plástico.
2. Agregar 4 gotas de Calcium Indicator al filtrado.
3. Añadir 2 gotas de Calcium Buffer solution.
4. Titular con Titraver 400 o Titrating solution 400 mg/l de Ca++ hasta que deje de cambiar de color . (hasta llegar a un color azul bajo)
5. El volumen titulado se lo multiplica por 400 y el resultado será expresado en mg/l o ppm de Ca++.

A continuación se muestra la concentración de Ca ++ del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla N° 3.9

Resultado de la prueba de Ca++ del mejor lodo inhibidor dispersante

Concentración de Ca++	Unidad
40	ppm

3.1.9 Prueba de Cl.

El objetivo de esta prueba es determinar la concentración de Cloro en el fluido de perforación.

Procedimiento:

1. Poner 1 ml de filtrado en un plato hondo de plástico.
2. Agregar 5 gotas de Potassium Chromate indicator solution.
3. Titular con Silver Nitrate de 10000 ppm hasta que se estabilice el color a un color naranja.
4. El volumen titulado es multiplicado por 10 000 para de esta manera obtener ppm de Cl.

A continuación se muestra la concentración de Cloro del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla N° 3.10

Resultado de la prueba de Cloro del mejor lodo inhibidor dispersante

Concentración de Ca++	Unidad
2000	ppm

3.1.10 Prueba de K^{+}.

El objetivo de esta prueba es determinar la concentración de potasio en el fluido de perforación.

Procedimiento:

1. Poner 7 ml de filtrado en la copa centrífuga.
2. Añadir 3 ml de solución Perclorato de Sodio.
3. Centrifugar por 3 minutos y leer el Potasio precipitado.
4. El valor leído es multiplicado por 3 000 para obtener ppm de K+.

A continuación se muestra la concentración de Potasio del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla N° 3.11

Resultado de la prueba de Potasio del mejor lodo inhibidor dispersante

Concentración de K+	Unidad
10000	ppm

3.1.11 Prueba de Pf/Mf.

El objetivo de esta prueba es determinar la cantidad de ácido requerido por mililitro de filtrado para alcanzar el punto final (con fenoftaleina como indicador para Pf y anaranjado de metilo para Mf).

Procedimiento para la determinación de Pf:

1. Poner 1 ml de filtrado en un plato hondo de plástico.
2. Agregar una gota de fenoftaleina.
3. Si cambia de color, titular con Acido Sulfúrico N/50 hasta volver al color original del filtrado. Si no hay cambio en color, Pf =0.
4. El valor de Pf es el volumen de solución titulante hasta llegar al color deseado.

Procedimiento para la determinación de Mf:

1. Con la misma solución que queda después de la determinación de Pf, añadir 5 gotas de solución indicadora de anaranjado de Metilo.
2. Titular con Acido Sulfúrico N/50 hasta obtener un color rosado.
3. El volumen titulado es el valor de Mf.

A continuación se muestra los resultados de prueba de Pf/Mf del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.12

Resultados de la prueba Pf/Mf del mejor lodo inhibidor dispersante

Pf/Mf	Unidad
2.4/1.68	N/A

3.1.12 pH.

Existen dos métodos para medir el pH de un fluido de perforación. Los dos métodos son: (1) el método colorimétrico modificado usando tiras de papel y (2) el método electrométrico utilizando un electrodo de vidrio. El método recomendado para medir el pH en los fluidos de perforación es el método electrométrico.

Medidor de pH de electrodo de vidrio

El medidor de pH contiene un sistema de electrodo de vidrio frágil compuesto de: (1) electrodo de vidrio de pared delgada construido de un vidrio especial en el cual un electrolito adecuado y electrodo están sellados y (2) un electrodo de referencia. Una solución de KCl esta contenido en un tubo que rodea al electrodo de referencia y a través de esta se establece una conexión eléctrica con el lodo.

El medidor de pH también consiste de un amplificador electrónico. El potencial eléctrico generado en el sistema del electrodo de vidrio por los iones de hidrogeno en el lodo es amplificado, y opera el medidor calibrado o digital el cual indica el pH.

Nota: Si se pueden hacer ajustes de temperaturas, corregir el medidor para la temperatura correcta.

Procedimiento:

1. Hacer los ajustes necesarios para poner el amplificador en funcionamiento.
2. Calibrar el medidor con soluciones provistas.
3. Lavar los extremos de los electrodos y cuidadosamente secarlos.
4. Insertar el electrodo en la muestra de prueba contenida en una cubeta de precipitación pequeña.
5. Rotar el fluido alrededor de los electrodos rotando la cubeta.
6. Medir el pH de la muestra siguiendo las instrucciones provistas de la unidad. Cuando se estabilice el indicador, registrar el pH.

A continuación se muestra el pH registrado del mejor lodo inhibidor dispersante:

Tabla Nº 3.13

pH registrado para el mejor lodo inhibidor dispersante

pH	Unidad
10.92	N/A

3.2 TABLA GENERAL DE LAS PROPIEDADES DEL MEJOR LODO INHIBIDOR DISPERSANTE.

Tabla N° 3.14

Tabla general de las propiedades del mejor lodo inhibidor dispersante

Propiedades	Resultados
Viscosidad Aparente	22 cp
Viscosidad Plástica	13 cp
Punto de Cedencia	18 lb / 100 $pies^2$
Viscosidad Marsh	49 Segundos
Densidad	8.5 ppg
Contenido de Arena	0 %
MBT	0 bentonita equivalente, ppb
PHPA	.95 ppb
Pérdida de filtrado	16 cm3
Ca ++	40 ppm Ca++
Cl	2000 ppm Cl
K+	10000 ppm K+
Pf / Mf	2.4 / 1.68
PH	10.92

3.3 APLICACIÓN DEL LODO FORMULADO EN EL CAMPO TARAPOA.

Para la aplicación del lodo formulado en el laboratorio QMAX ECUADOR S.A. durante esta investigacion se realizara un programa de lodos para un pozo direccional en la zona Tarapoa con una inclinación de aproximadamente 28º tangencial.

Se debe analizar el programa direccional para poder determinar los rangos reológicos apropiados de acuerdo a la experiencia de pozos existentes cercanos a la zona donde se desea perforar el nuevo pozo. Lo importante del análisis del programa direccional es la inclinación que el pozo vaya a tener, para de esta manera considerar la transportación optima de los ripios. La transportación optima de los ripios esta basada en el ángulo que el pozo tenga, ya que el rango de inclinación del pozo afectaría directamente en la limpieza del mismo.

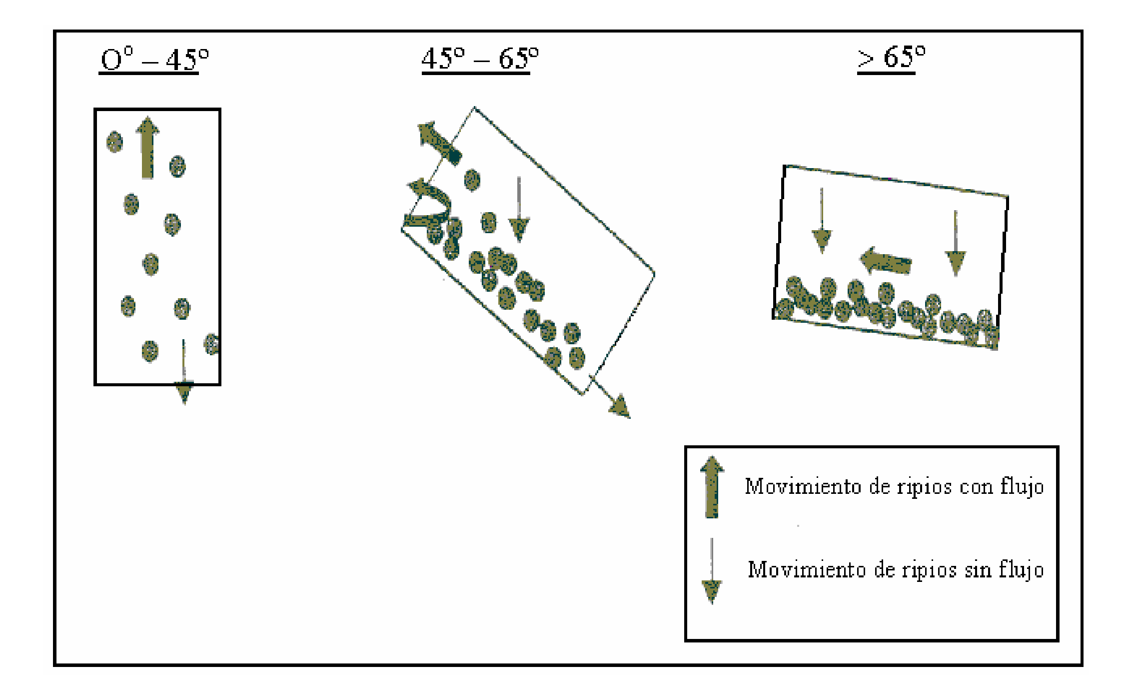


Figura 3.1 Transportación de ripios en diferentes inclinaciones (9)

En un pozo vertical de 0° hasta 45º, los ripios son llevados hacia la superficie combatiendo contra la velocidad de asentamiento (slip velocity), donde estos caen miles de pies hasta finalmente alcanzar el fondo del pozo. La limpieza del hueco esta dada principalmente por la viscosidad y la tasa de flujo del fluido de perforación.

En pozos con inclinaciones de 45º - 65º, los ripios comienzan a formar “dunas”. La mayoría de los ripios que son llevados hacia la superficie están en la parte inferior de la tubería, pero pueden ser “batidos” fácilmente al régimen de flujo. La característica más notable en este rango de inclinaciones es que cuando las bombas son apagadas, las “dunas” comienzan a deslizarse (en forma de avalancha) hacia el fondo del hueco.

El rango de inclinación final de 65º - 90º, presenta un juego diferente de circunstancias operacionales. Aquí, los ripios caen hacia la parte inferior del hueco y forman una capa larga y continua. Todo el fluido de perforación se mueve hacia la parte superior de la tubería y se requiere agitación mecánica para mover los ripios (sin importar la tasa de flujo o la viscosidad del lodo). Aunque los retos con las “dunas” que se avalanchan han desaparecido, la limpieza del hueco en este medio es más complicada.

En el siguiente gráfico se ilustra el comportamiento de los ripios cuando son transportados a superficie en diferentes inclinaciones:

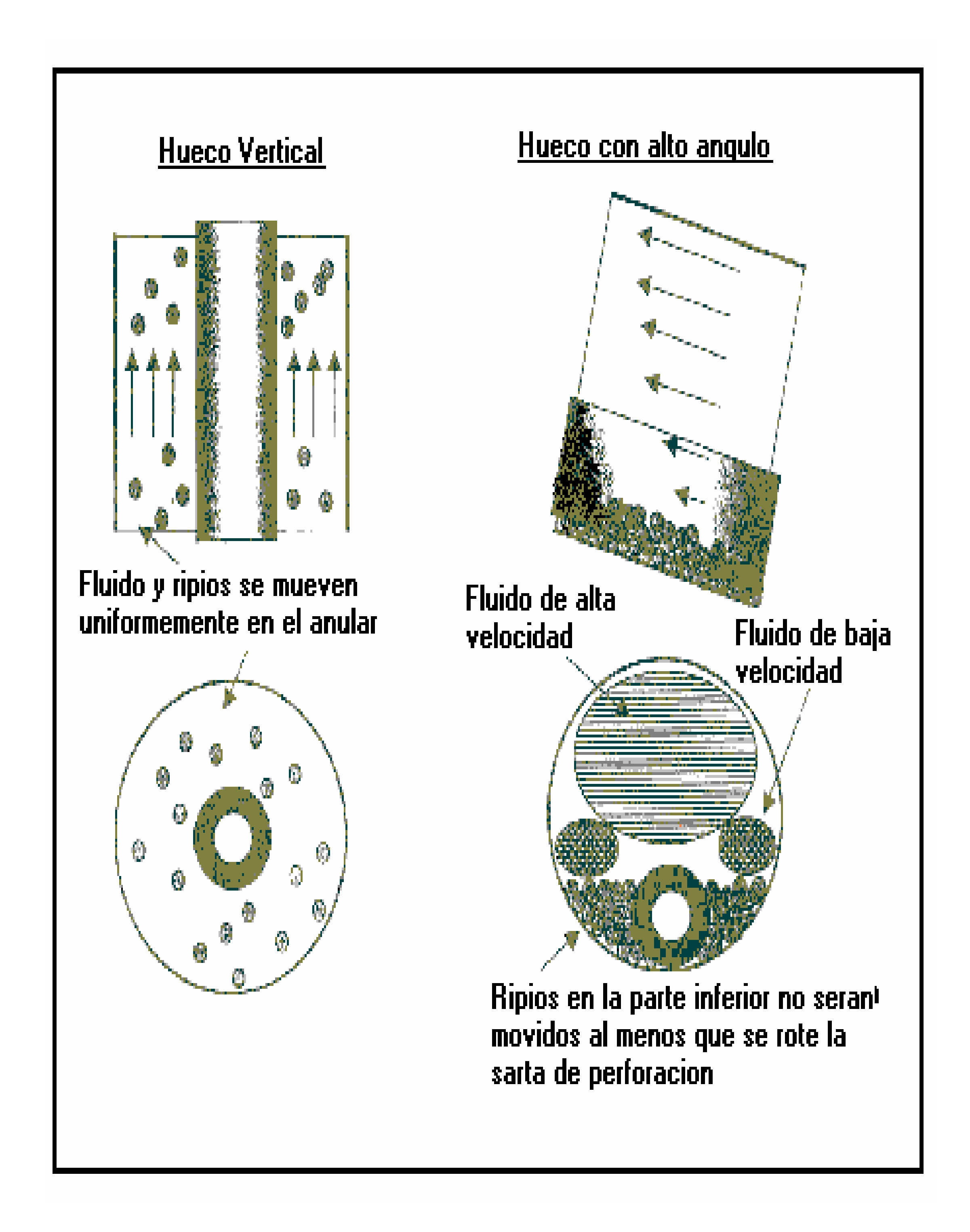


Figura 3.2 Movimiento del fluido en el anular (9).

El programa direccional se muestra en el siguiente gráfico:

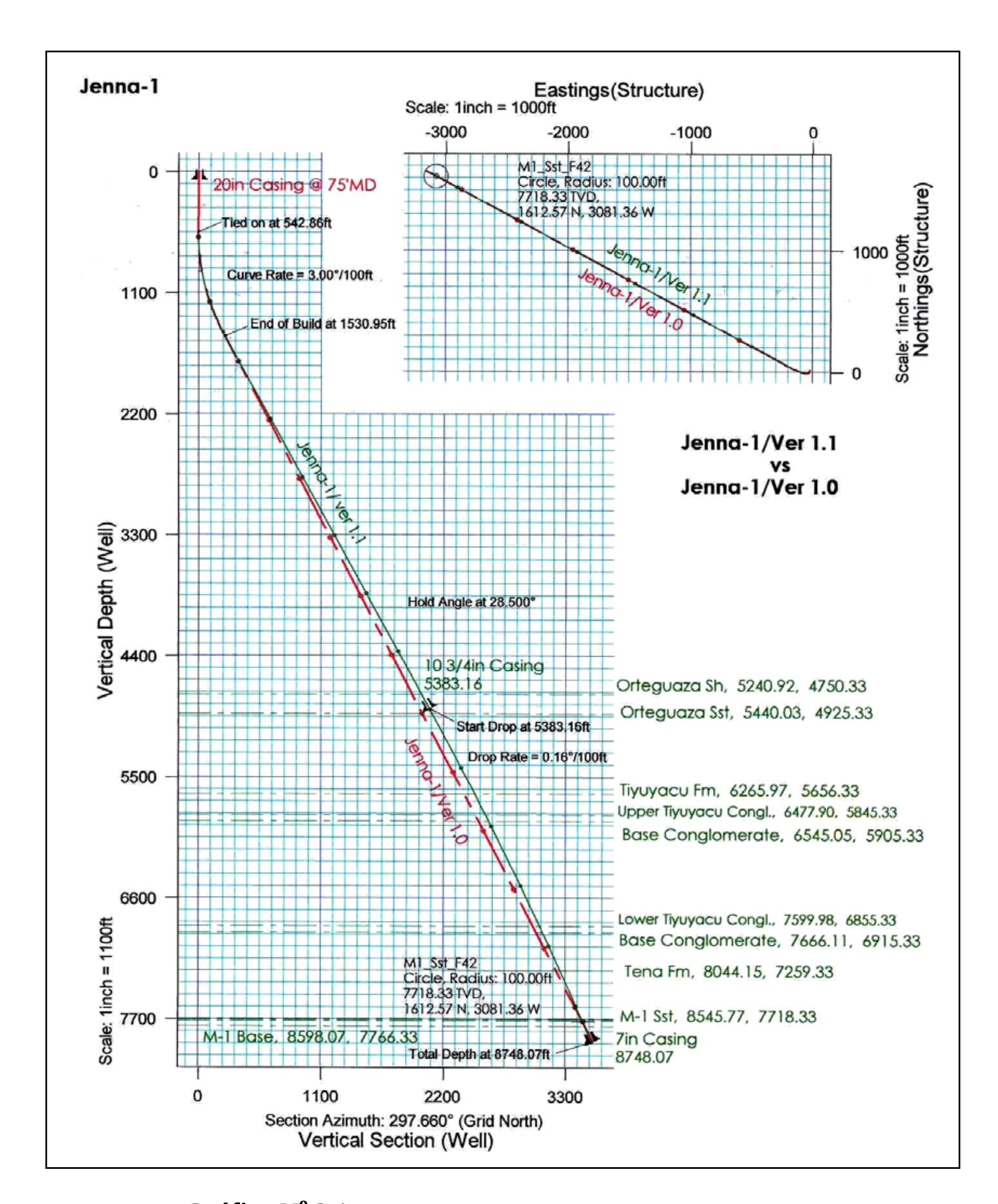


Gráfico Nº 3.1 Programa direccional del pozo Jena-1 (Halliburton).

Como se puede observar en el *gráfico No 3.1*, el pozo que se desea perforar es un pozo direccional con un ángulo menor a los 45º. Lo cual significa que la transportación de ripios hacia la superficie será uniforme y no se presentaran problemas de “dunas” ni capas largas de ripios en la parte inferior de la tubería de perforación.

3.3.1 PROGRAMA DE LODOS PARA EL POZO JENNA-1.

La informacion y datos que se muestran en el desarrollo de esta seccion fueron suministrados por las compañias AEC, QMAX ECUADOR S.A. y HALLIBURTON.

3.3.1.1 INFORMACION GEOLOGICA Y UBICACIÓN.

Tabla Nº 3.15

Parámetros direccionales del pozo Jenna-1.

K O P	300.00 ft
End of Build	1.493 ft

Tabla Nº 3.16

Topes esperados de formaciones en el pozo Jenna-1.

TOPES DE FORMACION	M.D.	T.V.D.	ANGULO
Lutita Orteguaza	5.202	4.750	27.35º
Arenisca Orteguaza	5.399	4.925	27.35º
Formación Tiyuyacu	6.222	5.656	27.35º
Conglomerado Tiyuyacu Superior	6.434	5.845	27.35º
Conglomerado Base	6.502	5.905	27.35º
Conglomerado Tiyuyacu Inferior	7.571	6.855	27.35º
Conglomerado Base	7.639	6.915	27.35º
Tena	8.026	7.259	27.35º
Arenisca Basal Tena	8.522	7.699	27.35º
Zona M1	8.531	7.707	27.35º
Arenisca M1	8.543	7.718	27.35º
Base M1	8.597	7.766	27.35º
T.D.	8.747	7.900	27.35º

3.3.1.2 PROGRAMA DE CASING.

Tabla Nº 3.17

Programa de casing para el pozo Jenna-1.

PROGRAMA DE CASING	M.D.	T.V.D.	ANGULO
20” Conductor	75.00	75.00	0.00º
10 ¾” Casing Point	5.342	4.875	27.35º
7” Casing Point	8.747	7.900	27.35º

3.3.1.3 HUECO SUPERFICIAL.

El hueco superficial comienza después del conductor: desde 75' hasta 5.342'. Para esta sección del hueco no se utilizara el lodo formulado (1d) debido a altos costos. Los costos están en razón de 3:1 en comparación con el lodo de Nitrato de Calcio. Además, se utilizara la técnica de asentar el casing superficial justo después de la lutita Orteguaza para de esta manera minimizar el tiempo de exposición al medio ambiente y así evitar que la lutita reaccione, hinchándose.

Tamaño del hueco: 14 ¾"

Tamaño del Casing: 10 ¾"

Tipo de lodo: Nitrato de Calcio / PHB

Kick Off Point: 300'

End of Build: 1.493'

Angulo max: 27.35º

EL programa de lodo superficial se basa en los problemas que se han presentado en pozos aledaños y en experiencias pasadas. A continuación se describen los problemas pasados que servirán como base esencial para la determinación de los rangos reologicos y otras propiedades del lodo:

ESTABILIDAD DEL HUECO:

La lutita Orteguaza es una sección problemática.

CANTO RODADO DE GRAVA:

Puede ocurrir en esta sección y requiere una reología de mayor limpieza (utilizando PHB).

PERDIDA DE CIRCULACION:

Puede ser inducido por sobrecarga en el anular y en secciones de grava. Se controla con Kwik Seal M (material sellante), la cantidad que se requiera.

ANILLOS DE LODO / EMBOLAMIENTO DE BROCA:

Son posibles a causa de altos ROP y arcillas pegajosas en el Mio-Plioceno. (Ver píldoras para embolamiento de broca). Mantener el MBT por debajo de 25 ppb y el YP 12 – 35.

CAPAS DE CARBON:

Perforar cualquier capa de carbón con mucho cuidado, perforando en pequeños incrementos y asegurándose de limpiar la capa de carbón antes de seguir perforando.

CAPAS DE RIPIOS:

Se pueden formar a causa del ángulo del hueco; sin embargo, a estos ángulos la tendencia de los ripios es migrar hacia el fondo del hueco en vez de crear capas de ripios.

HUECO APRETADO:

Puede presentarse a lo largo de este intervalo.

3.3.1.3.1 PROCEDIMIENTO PARA EL FLUIDO DE PERFORACIÓN SUPERFICIAL:

1) Limpiar los tanques y llenarlos con agua fresca.
2) Incrementar la concentración de Calcio a 3,000 ppm con $CaNO_3$ (Nitrato de Calcio).
3) Mantener el pH de 8.0 – 8.5 para el control de corrosión.
4) Pre-mezclar 400 bbls de bentonita y tenerlos listos antes del comienzo de la perforación.
5) Comenzar la perforación con agua manteniendo la concentración de Calcio con CaNO3 en 2000 – 3000 ppm.
6) Bombear PHB (bentonita pre-hidratada) solo lo requerido para mantener el hueco limpio. Usualmente se comienza bombeando 20 – 25 bbls PHB cada dos paradas después del kick off point. Ajustar el bombeo dependiendo de las condiciones del pozo. No comenzar perforando con lodo (a menos que se atraviese grava) ya que esto puede causar embolamiento de broca / anillos de lodo.
7) Tener suficiente viscosidad (32 a 45 sec/qt) con PHB a la profundidad del casing superficial para asegurar una buena limpieza y evitar problemas al correr el casing.
8) Mantener el peso del lodo de 9 – 10 ppg (**Nota**: 10 ppg esta programado para entrar en Orteguaza) con equipo de control de sólidos y no permitir mas de 9% de sólidos perforados.
9) Después de circular hasta que el hueco este limpio (puede tomar varios bottoms up). Botar píldora viscosa (50+ sec/qt) y de peso (2+ que el peso del lodo) antes

de sacar tubería para correr casing. Si el hueco no se limpia apropiadamente, el casing no bajara a TD y causara problemas en la siguiente sección a causa de que se dejo abierta la sección superficial del hueco.

10) Tener cuidado con el hueco en especial después del kick off point a 300’.
11) Cementación: después de correr el casing y circular para limpiar, disminuir el YP < 15 diluyendo y dispersando todo el sistema. Usar agua de dewatering para la dilución y Borrethin como diluyente.

3.3.1.3.2 PROPIEDADES DEL LODO SUPERFICIAL

Tabla Nº 3.18

Propiedades del lodo superficial para el pozo Jenna-1.

NITRATO DE CALCIO / PHB		
Propiedades	**Valores**	**Unidades**
Tamaño de hueco	**14 ¾”**	**Pulgadas**
pH	8.0 – 8.5	
Viscosidad	32 – 45	s/qt
Pérdida de filtrado	No Control	cc
Ca++	2,000 – 3,000	ppm
Densidad	9.0 – 10.0 max (10.0 ppg para Orteguaza)	ppg
YP @ 120ºF	12 – 35	lbf / 100ft^2
PV @ 120ºF	5 – 20	cps
MBT	20 – 25 MAX	ppb
Sulfito	150+	ppm
Sólidos	3 – 9 max	% vol

3.3.1.3.3 MATERIALES A UTILIZAR PARA EL LODO SUPERFICIAL

Tabla Nº 3.19

Materiales a utilizar en el lodo superficial para el pozo Jenna-1.

NITRATO DE CALCIO / PHB		
Productos	**Tamaño Unitario**	**Cantidad**
Nitrato de Calcio	110 lb	440 Sx
Barita	100 lb	400 Sx
Bentonita	100 lb	500 Sx
Antiespumante	5 gal	10 jug
Soda Ash	55 lb	20 Sx
Alkapan A 1103	55 lb	40 Sx
Sulfito de Sodio	50 lb	70 Sx
Drilling Detergent	55 gal	4 drum
Soda Cáustica	55 lb	4 SX
TDL-13	5 gal	18 pails

3.3.1.3.4 PRODUCTOS DE CONTINGENCIA PARA EL LODO SUPERFICIAL.

Tabla Nº 3.20

Productos de contingencia a utilizar en el lodo superficial para el pozo Jenna-1.

Productos	Tamaño unitario	Cantidad
Barita	100 lb	400 Sx
Borrethin	55 lb	60 Sx
Drilling Detergent	55 gal	2 drum
Kwik Seal	40 lb	50 Sx

3.3.1.3.5 PILDORAS RECOMENDADAS PARA EMBOLAMIENTO DE BROCA.

1. Tapón de nuez.

- 30 – 50 bbls Lodo activo (Volumen dependiendo del tamaño del hueco).

- 30-40 ppb Tapón de nuez.

Para que esta píldora actúe mejor, la broca debe ser levantada 1 a 6 pies manteniéndola en esta posición hasta que la píldora haya pasado por la broca. Circular hasta pasar la broca (eso se puede ver con un incremento de presión). En este punto, tensionar un par de pies mas y comenzar a perforar con cuidado.

Nota: Esta píldora ha tenido muy buenos resultados en muchas ocasiones.

2. Humedecimiento Cáustico.

- ♦ 30 – 50 bbls Agua fresca (Volumen dependiendo del tamaño del hueco).
- ♦ 1.0 –2-0 ppb Soda cáustica.
- ♦ 80 – 100 L Detergente.

Para un mejor desempeño, se recomienda utilizar la mitad de la píldora en la tubería y la otra mitad en el anular. La practica más común es dejar que la píldora se humedezca por menos de 30 minutos. También se la puede añadir en pequeños incrementos de 1 a 2 bbls, si no hay buenos resultados después de los primeros 30 minutos.

Nota: Esta píldora ha sido casi siempre exitosa para casos severos de embolamiento de broca.

3.3.1.4 HUECO PRINCIPAL

El hueco principal comienza a partir del zapato del casing superficial a una profundidad de 5.342’ con un ángulo tangencial de 27.35º hasta la profundidad total de 8.747’.

Tamaño del hueco: 9 7/8”

Tamaño del casing: 7”

Tipo de lodo: 1d

Angulo max: 27.35º

Al igual que el programa de lodo superficial, el programa de lodos para la sección principal también se basa en los problemas que se han presentado en pozos aledaños y

en experiencias pasadas. Aunque el tipo de lodo que se utilizara en esta sección principal (lodo 1d) ha sido probado únicamente en laboratorio, los problemas que se han presentado en el pasado y la reología aplicada serian la base para el programa utilizando el lodo 1d.

A continuación se describen los problemas que se han presentado en estas zonas y que servirán como base esencial para la determinación de los rangos reologicos y otras propiedades del lodo:

ESTABILIDAD DEL HUECO:

Tituyacu y Tena pueden ser muy problemáticas En caso de encontrarse con problemas de estabilidad del hueco, aumentar el peso del lodo a 10.8 ppg para controlar derrumbes. También se usara 3% de agentes tapones para ayudar a mantener estable al hueco.

APRISIONAMIENTO DIFERENCIAL:

Posibles pegas a partir de Tiyuyacu. Chequear con el geólogo de la locación para próximas zonas permeables y tener apropiados puentes en el sistema de lodos antes de entrar a estas zonas. Mantener lo mas bajo posible a los sólidos perforados.

EMBOLAMIENTO DE BROCA:

Es posible debido a altos ROP y arcillas pegajosas. (Ver píldoras para embolamiento de broca)

CAPAS DE CARBON:

Perforar cualquier capa de carbón con mucho cuidado, perforando en pequeños incrementos y asegurándose de limpiar la capa de carbón antes de seguir perforando.

CAPAS DE RIPIOS:

Se pueden formar a causa del ángulo del hueco; sin embargo, a estos ángulos la tendencia de los ripios es migrar hacia el fondo del hueco en vez de crear capas de ripios.

HUECO APRETADO:

Puede presentarse a lo largo de este intervalo.

3.3.1.4.1 PROCEDIMIENTO PARA EL FLUIDO DE PERFORACIÓN PRINCIPAL:

1. Mantener el polímero inhibidor sólido a 1.5 ppb.
2. Mezclar y mantener la concentración de Potasio en 10,000 ppm K+ utilizando Nitrato de Potasio (KNO3) y el porcentaje de SCAL al 3%.
3. Aumentar y/o ajustar la viscosidad con el viscoficante indicado (puede ser necesario aumentar el YP hasta 40 lb /100 pies^2). Mantener el YP mínimo a 20 lb /100 pies^2 y las lecturas de 6 rpm entre 10 – 14. La concentración inicial de 1 ppb e incrementado a medida que sea necesario. Mantener el YP a $\pm$ 30 para la perforación.
4. Controlar que el pH este más bajo de 11 mientras se perfora cemento utilizando ácido Cítrico o Fosfórico. Mantener pH lo mas bajo posible (naturalmente).

5. Aumentar y controlar el inhibidor liquido a 3.5 %. Realizar la prueba de concentración usando el método de la retorta
6. Aumentar y controlar el agente tapón al 3%.
7. Mezclar Ultra seal XP o Qstop fine un saco por cada 10 pies mientras se perfora el conglomerado Tiyuyacu para que actúe con un agente tapón y dar estabilidad al hueco. Usar la misma concentración para cualquier otra zona permeable como una defensa contra la pega diferencial.
8. Para embolamiento de broca, ver píldoras para embolamiento de brocas.
9. Limpiar y almacenar el lodo para reusarlo en próximos pozos.
10. El peso del lodo se lo debe mantener a 9.6 – 10 ppg. Este rango puede cambiar dependiendo de las condiciones de superficie y profundidad de asentamiento.
11. Añadir dos baldes de bactericida por tanque cuando este almacenado y un balde cada dos días después. Circularlo todos los días. Si el lodo se va a mover a otra locación añadir cuatro baldes por tanque.
12. Después de circular hasta que el hueco este limpio (puede tomar varios bottoms up). Botar píldora viscosa (50+ sec/qt) y de peso (2+ que el peso del lodo) antes de sacar tubería para correr casing.
13. Cementación: después de haber asentado el casing y circular para limpiar, disminuir el bombeo de limpieza a 100 bbl antes del cemento con una viscosidad de 35 –38 y un YP de 10 – 15. Esto se puedo hacer diluyendo y dispersando el lodo existente.

3.3.1.4.2 PROPIEDADES DEL LODO PRINCIPAL (1d) PARA EL POZO JENNA-1.

Tabla Nº 3.21

Propiedades del lodo principal (1d) para el pozo Jenna-1.

NITRATO DE POTASIO – SCAL		
Propiedades	**Valores**	**Unidades**
Tamaño del hueco	**9 7/8”**	**Pulgadas**
pH	10.5 – 11	
Viscosidad	35 – 75	s/qt
Pérdida de filtrado	6.0 mL / 30 min.	cc
K+	10.000	ppm
Densidad	9.6 – 10.0	ppg
YP @ 120ºF	20 – 35	Lbf / 100ft^2
PV @ 120ºF	15 – 20	cps
LGS	< 9	% vol
Inhibidor liquido	3.5	%
Agente tapón	3.0	%
Polímero inhibidor sólido	1.5	ppb
6 RPM	10 – 14	
Sulfito	150+	ppm

3.3.1.4.3 MATERIALES A UTILIZAR PARA EL LODO PRINCIPAL (1d).

Tabla Nº 3.22

Materiales a utilizar en el lodo principal (1d) para el pozo Jenna-1.

NITRATO DE POTASIO - SCAL		
Productos	**Tamaño unitario**	**Cantidad**
Nitrato de Potasio	110 lb	600 Sx
Polímero inhibidor sólido	55 lb	130 Sx
Bicarbonato de Sodio	55 lb	40 Sx
Soda Ash	55 lb	50 Sx
Barita	100 lb	500 Sx
Q Stop Fine	25 lb	80 Sx
Sulfito de Sodio	50 lb	70 Sx
T – 352	5 gal	8 jug
TDL – 13	5 gal	12 jug
Controlador de filtrado	50 lb	60 Sx
Soda Cáustica	55 lb	20 Sx
Acido Fosfórico	110 lb	30 jug
Inhibidor liquido	55 gal	60 drum
Antiespumante	5 gal	40 jug
Viscosificante	55 lb	40 Sx
Sulfato de Aluminio	110 lb	100 Sx
Cal hidratada	50 lb	50 Sx

3.3.1.4.4 PRODUCTOS DE CONTINGENCIA PARA EL LODO PRINCIPAL (1d).

Tabla Nº 3.23

Productos de contingencia a utilizar en el lodo principal para el pozo Jenna-1.

Productos	Tamaño unitario	Cantidad
Inhibidor liquido	55 gal	20 drum
Quick Lime	100 lb	50 Sx
Carbonato de Calcio	110 lb	600 Sx
Barita	100 lb	500 Sx

3.3.1.4.5 PILDORAS RECOMENDADAS PARA EMBOLAMIENTO DE BROCA.

1. Tapón de nuez.

- 30 – 50 bbls Lodo activo (Volumen dependiendo del tamaño del hueco).

- 30-40 ppb Tapón de nuez.

Para que esta píldora actúe mejor, la broca debe ser levantada 1 a 6 pies manteniéndola en esta posición hasta que la píldora haya pasado por la broca. Circular hasta pasar la broca (eso se puede ver con un incremento de presión). En este punto, tensionar un par de pies mas y comenzar a perforar con cuidado.

Nota: Esta píldora ha tenido muy buenos resultados en muchas ocasiones.

2. Humedecimiento Cáustico.

- 30 – 50 bbls Agua fresca (Volumen dependiendo del tamaño del hueco).
- 1.0 –2-0 ppb Soda cáustica.
- 80 – 100 L Detergente.

Para un mejor desempeño, se recomienda utilizar la mitad de la píldora en la tubería y la otra mitad en el anular. La practica más común es dejar que la píldora se humedezca por menos de 30 minutos. También se la puede añadir en pequeños incrementos de 1 a 2 bbls, si no hay buenos resultados después de los primeros 30 minutos.

Nota: Esta píldora ha sido casi siempre exitosa para casos severos de embolamiento de broca.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. No existe una tendencia definida para las diferentes soluciones de Nitrato de Potasio para un pH entre 10 y 11 basados en la curvas de inhibición hechas en el laboratorio. Lo cual significa que se considera las concentraciones mas bajas, para de esta manera minimizar la cantidad de Nitrato de Potasio y sustituirlo con SCAL.

2. La mejor tendencia inhibidora para las diferentes soluciones de Sulfato de Potasio para un pH entre 10 y 11 es la solución de 15 000 ppm K+ basado en las curvas de inhibición realizadas en el laboratorio.

3. El mejor lodo inhibidor dispersante obtenido mediante la prueba de dispersión en el laboratorio es el lodo con 10 000 ppm K+ de Nitrato de Potasio y 3% de SCAL (lodo 1d), manteniedo sus propiedades reológicas adecuadas y logrando una mejora respecto al lodo actual de 98.22%, 39.32% y 60.93% para las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena respectivamente.

RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda utilizar el lodo 1d para minimizar los problemas en las lutitas suaves/firmes (**Tabla N°1.4**) debido a la presencia de Esmectita, Ilita y Caolinita en las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena del Bloque Tarapoa.

2. Para minimizar el tiempo de exposición del hueco, se asentara el casing superficial después de atravesar la lutita Orteguaza. Esto evitara que la lutita absorba agua, sin dar tiempo a que esta se hinche. Una lutita tarda aproximadamente 3 días para absorber casi toda el agua y a partir del quinto día, si la lutita no es inhibida, provocara derrumbes.

3. Se recomienda tomar medidas preventivas para evitar embolamiento de la broca. Algunas medidas importantes son las siguientes:

   - Revisar incidentes previos de embolamiento en el área y adoptar procedimientos similares si estos fueron exitosos.
   - Usar un buen lodo inhibidor.
   - Evitar peso excesivo sobre la broca (WOB).
   - Asegúrese de tener una buena limpieza en el hueco para evitar acumulación de cortes en la broca.
   - Usar el tipo de broca apropiado - brocas PDC están más propensas a embolarse que las brocas triconicas.

4. Se recomienda tomar medidas preventivas para evitar anillos de lodo. Algunas medidas importantes son las siguientes:

   - Circular, limpiando el anular antes de cada viaje.
   - Usar líneas de flujo con diámetros grandes.
   - Evitar excesivos ROPs (rata de penetración).
   - Asegurarse de tener una buena limpieza del hueco para prevenir acumulamientos de cortes.

5. Se recomienda tomar medidas preventivas para evitar huecos apretados. Algunas medidas importantes son las siguientes:

   - Utilizar un sistema de lodo inhibidor en formaciones suaves reaccionables.
   - Usar suficiente peso en el lodo para balancear los esfuerzos del hueco.
   - Hacer viajes regulares de limpieza.
   - Minimizar el tiempo de exposición del hueco abierto.

6. Se recomienda tomar medidas preventivas para evitar derrumbes en el hueco. Algunas medidas importantes son las siguientes:

   - Establecer la reacción de las lutitas antes de la perforación (ejemplo: revisando data y/o tomando exámenes de laboratorio).
   - Usar un lodo con buenas propiedades de limpieza.

7. Cada vez que la radiación gamma es usada como un cuantificador del contenido de arcilla en muchas secuencias geológicas, es necesario realizar correcciones en las lecturas de las herramientas debido a la presencia del Potasio en la columna del lodo, ya que este es un elemento radioactivo.

BIBLIOGRAFIA

1. H.C.H. Darley, y George R. Gray, “Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids”, Fifth Edition, Cap. 4 y 5.

2. Grim, R.E., “Clay Mineralogy”. McGraw Hill, 1962.

3. Weaver y Pollard, “Chemistry of Clay Minerals”, pg. 63.

4. Schlumberger Dowell, “Drilling Fluids Technical Manual”, 1994.Cap. 3.

5. M.I., “Rheology and Hydraulics”, Cap. 5.

6. API Recommended Practice 13B-1, “Standard Procedure for Field Testing Water-Based Drilling Fluids”, Second Edition, Septiembre 1997.

7. M.I., “Fluidos de Perforación”.

8. Manual de Fluidos de Perforación, “Procedimientos para Pruebas de Lodos de Perforación”, Apendice B.

9. Drilling Design and Implementation for ER and Complex Wells, Third Edition-2002, Cap. 6.

10. Boletín Técnico, “La Reología de los Fluidos para circular”.

11. MYCO-AD, “Química de las Arcillas”, pg. 1-9.

12. R.M. Pashley y J.P. Quirk, “Ion Exchange and Interparticle Forces Between Clay Surfaces”, 1989.

13. Que son las Arcillas, http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/htm/sec_6.htm

14. Las Arcillas: Propiedades y Usos, http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/Arcillas.htm

15. Drilling, Well Completions and Rock Mechanics, http://www.cpge.utexas.edu/dwcrm/drilling.html

16. Steve Young, Ton Maas, Noviant B.V., Nijmegen, “Novel Polymer Chemistry increases shale stability”, Paper AADE 01-NC-HO-41, 2003.

17. Manuales de QMAX ECUADOR S.A.

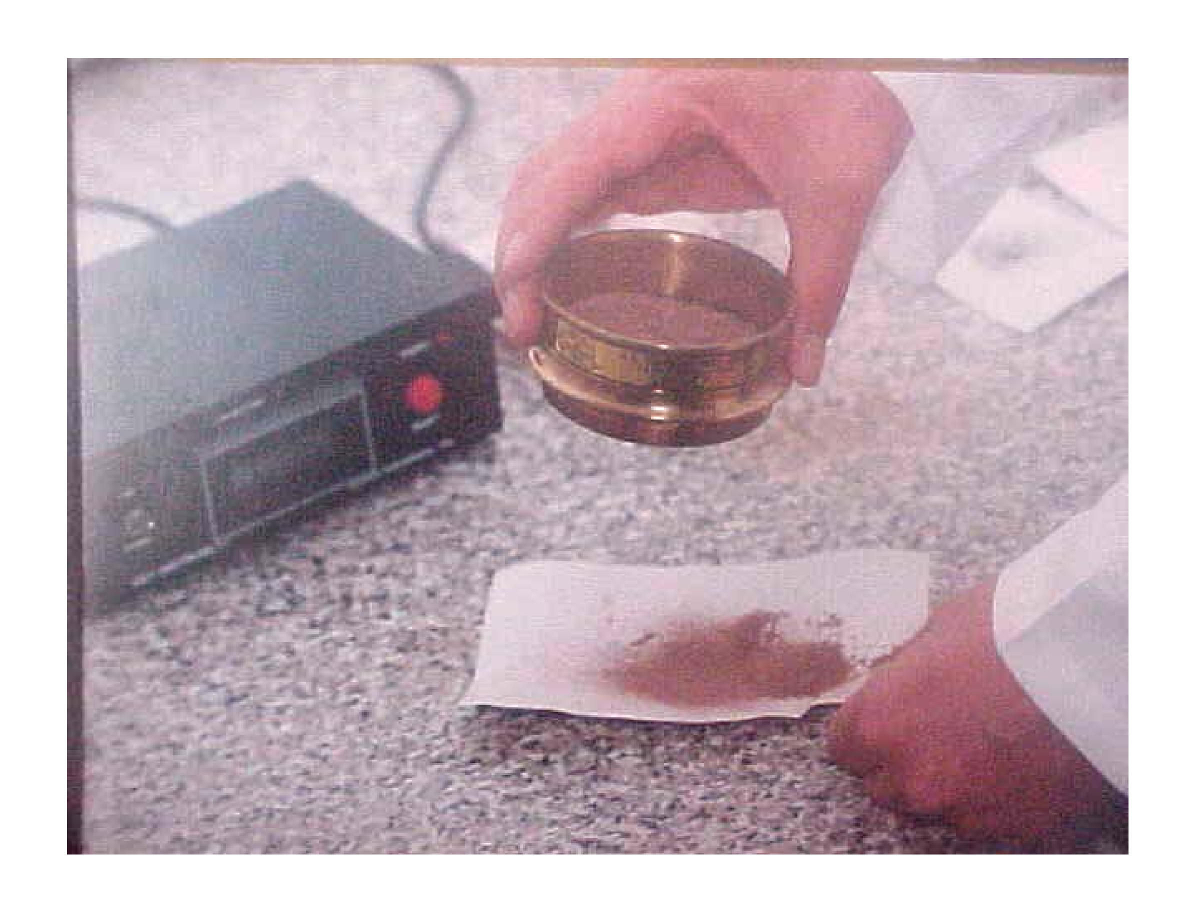
ANEXOS

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS DE SUCCIÓN CAPILAR (CST)



Plato para moler, licuadora, vaso de licuadora y balanza

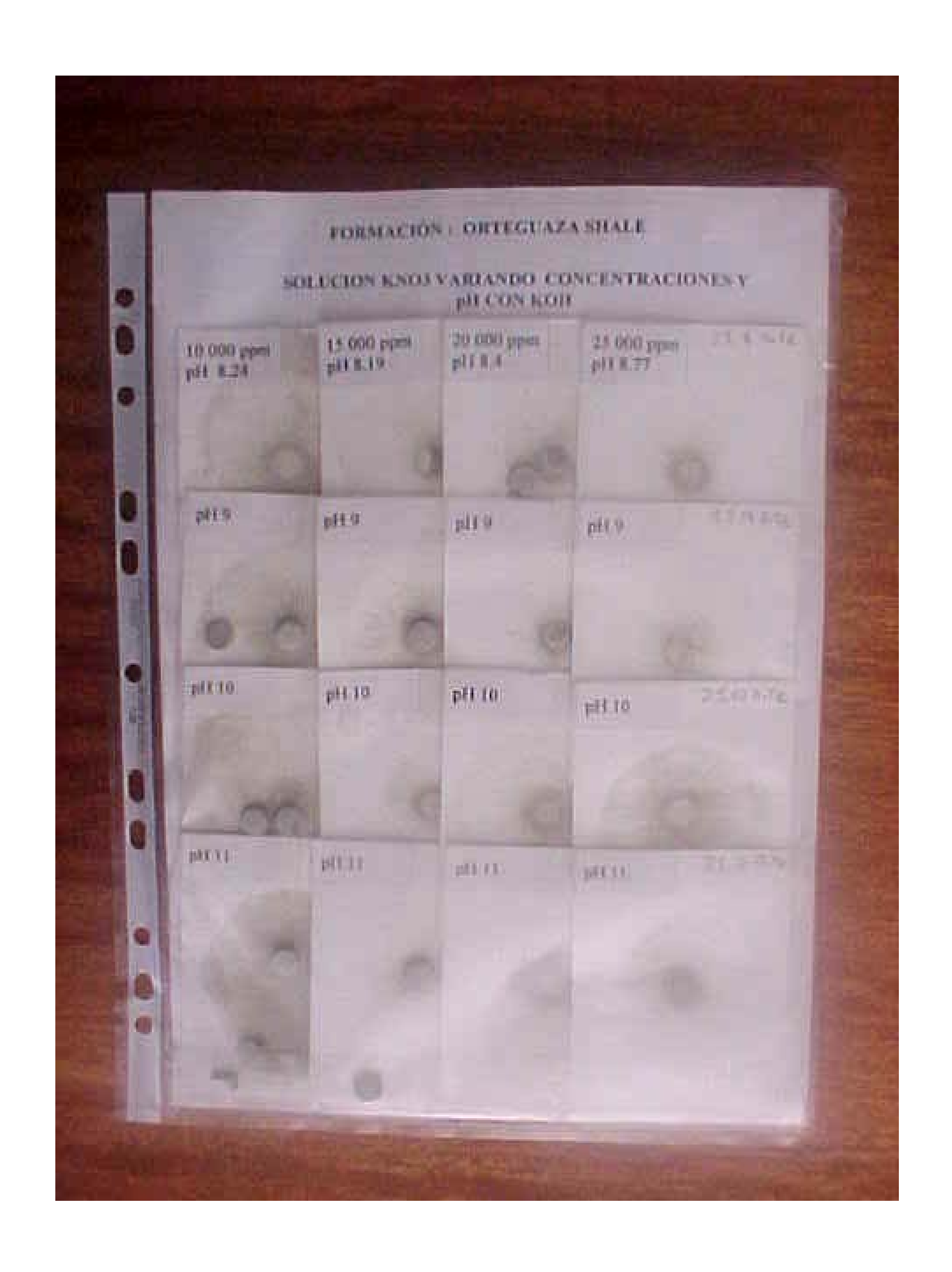
EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS DE SUCCIÓN CAPILAR (CST)



Malla N° 100 para moler muestra y poder realizar el CST

ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)

FORMACION ORTEGUAZA UTILIZANDO KNO_3



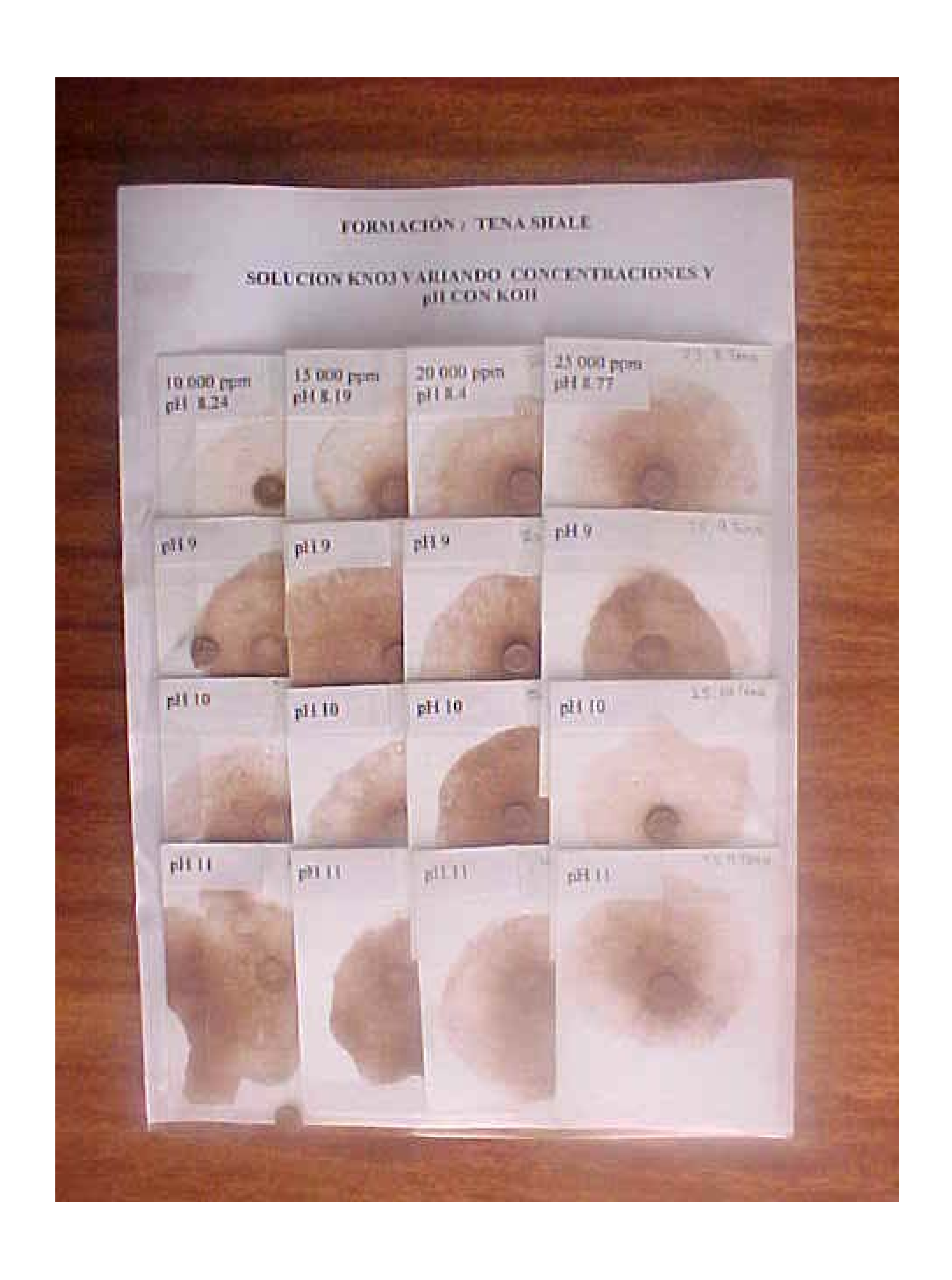
<u>**ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)**</u>

<u>**FORMACION TIYUYACU UTILIZANDO KNO_3**</u>



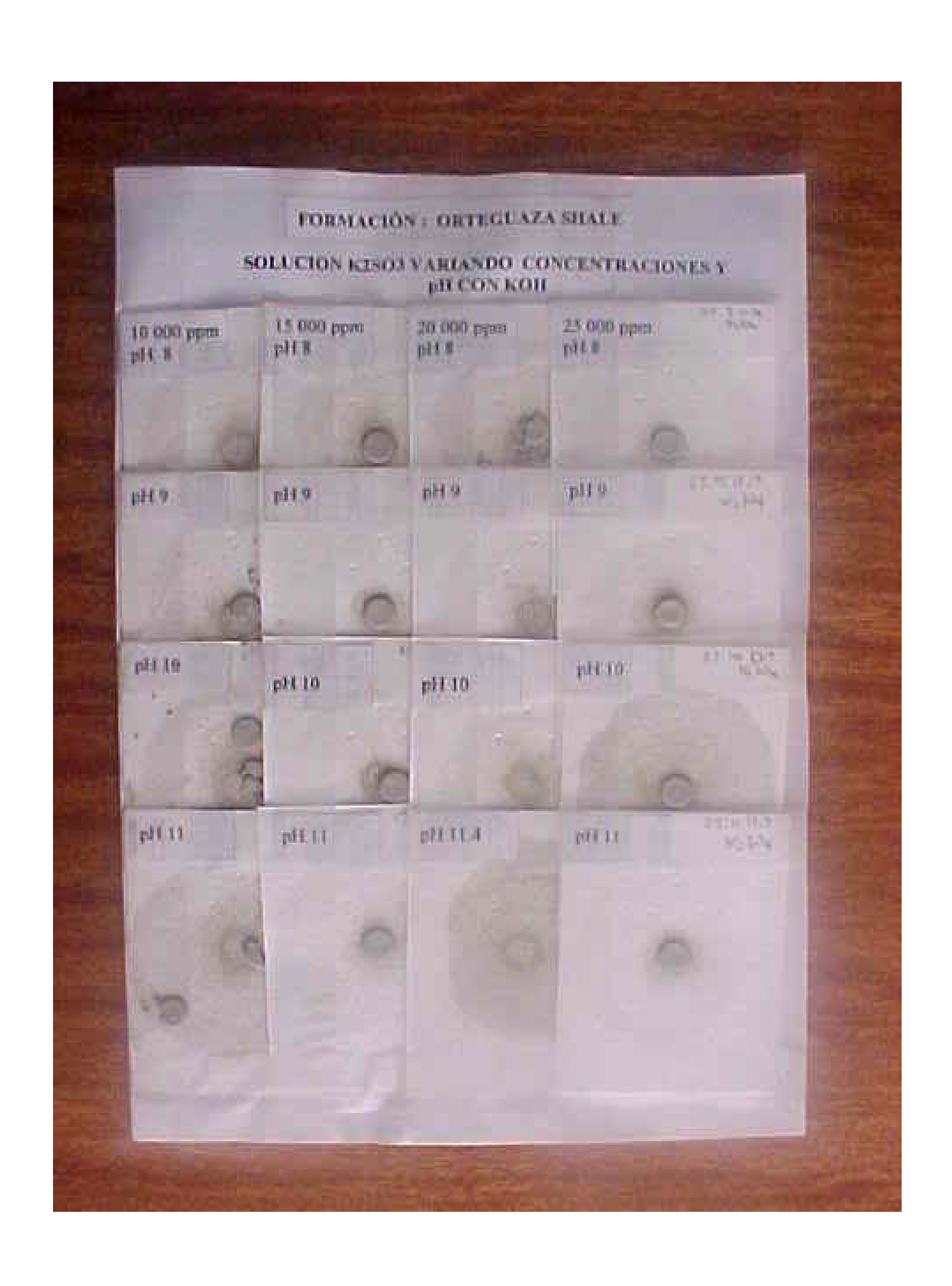
<u>ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)</u>

<u>FORMACION TENA UTILIZANDO KNO_3</u>



ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)

FORMACION ORTEGUAZA UTILIZANDO K_2SO_4



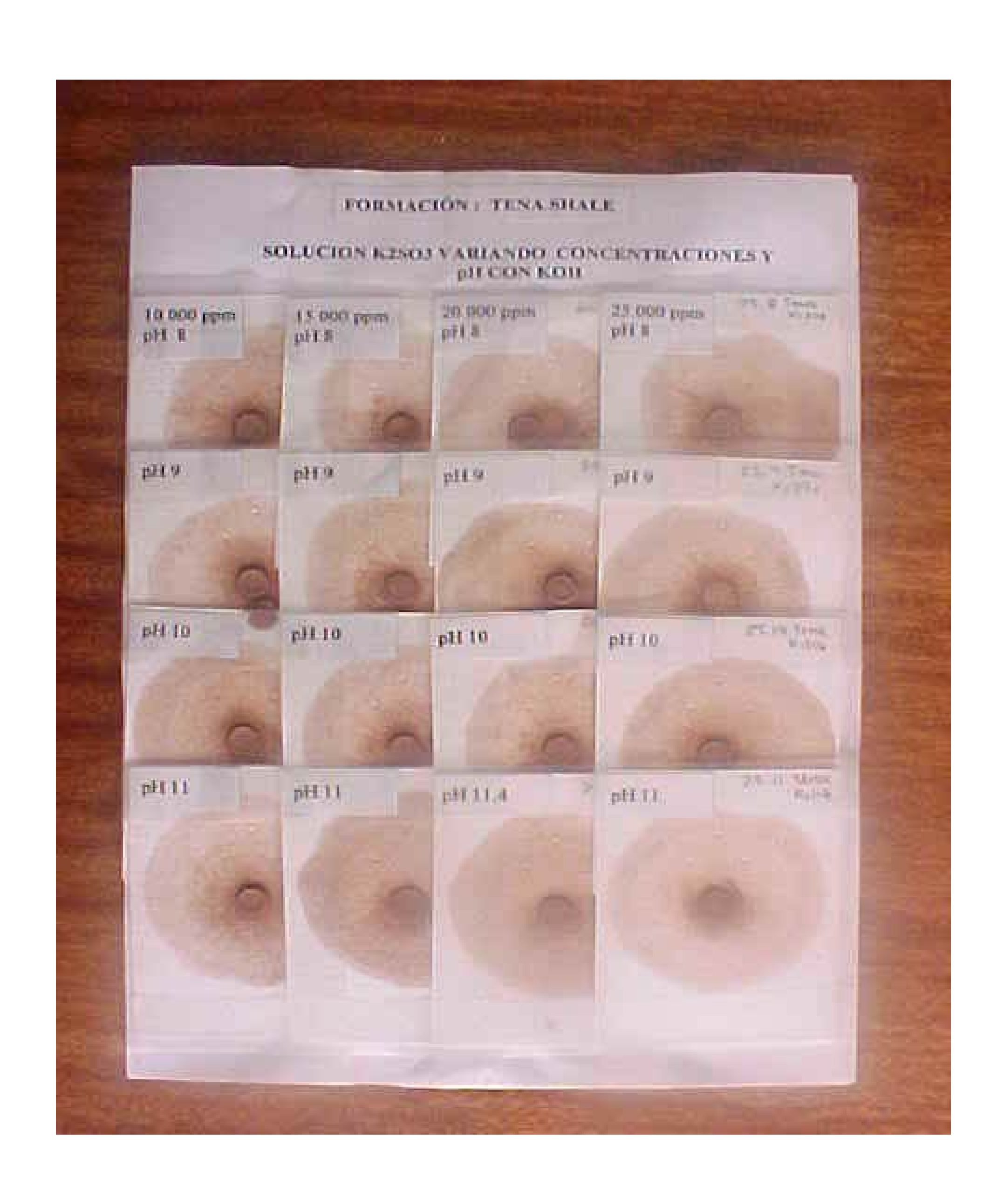
ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)

FORMACION TIYUYACU UTILIZANDO K_2SO_4



ANALISIS DE LA PRUEBA DE SUCCION CAPILAR (CST)

FORMACION TENA UTILIZANDO K_2SO_4



EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS DE DISPERSION





Horno especial para rolar

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS DE DISPERSION



Celdas para rolar



Balanza digital

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS DE DISPERSION



Mallas de 20 MESH, 10 MESH y el plato para coger

EQUIPOS UTILIZADOS PARA
REALIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS LODOS



BALANZA

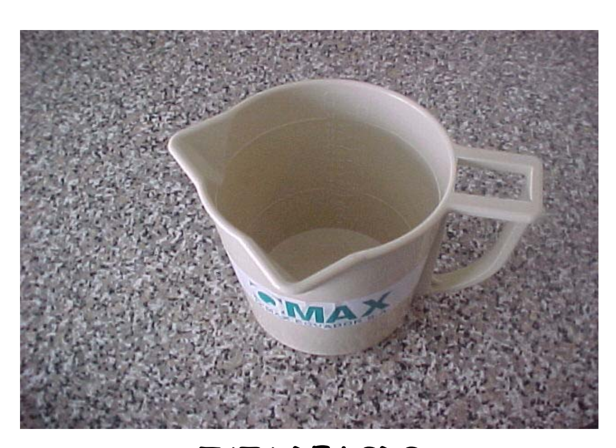




BALANZA DE PRESION



EMBUDO DE VISCOSIDAD



TAZA DE LODO

EQUIPOS UTILIZADOS PARA REALIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS LODOS



Viscosímetro Fann de 6 velocidades



Kit internacional para análisis de filtrado



Filtro prensa



Medidor de pH

EQUIPOS UTILIZADOS PARA
REALIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS LODOS



Centrifuga para la determinación de la concentración de Potasio

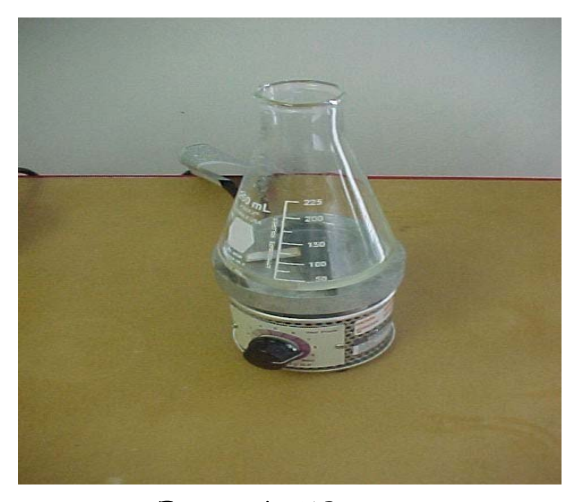


Agitador de soluciones y plato caliente

EQUIPOS UTILIZADOS PARA
REALIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS LODOS



Mezcladores de lodo (mixers)





Equipo de MBT



Contenido de arena

PROGRAMA

DIRECCIONAL

DEL POZO

JENNA-1



ESPOL
Jenna-1 /Ver 1.1

Sperry-Sun

Proposal Report

September, 2003

Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1
Surface Coordinates: 9977490.97 N, 354079.78 E (0° 12' 12.9253" S, 283° 41' 19.7176" E)
Grid Coordinate System: La Conoa PSAD 1956, Zone 18 South (CM 285), Ecuador

Surface Coordinates relative to Structure: 11.42 N, 21.06 W (Grid)
Kelly Bushing: 770.33ft above Mean Sea Level
Elevation relative to Structure: 30.00ft



Proposal Report for Jenna-1
Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1

Measured Depth (ft)	Incl.	Azim.	Sub-Sea Depth (ft)	Vertical Depth (ft)	Local Coordinates Northings (ft)	Local Coordinates Eastings (ft)	Global Coordinates Northings (m)	Global Coordinates Eastings (m)	Dogleg Rate (°/100ft)	Vertical Section	Comment
Jenna-1/Ver 1.0											
0.00	0.000	0.000	-770.33	0.00	11.42 N	21.06 W	9977490.97 N	354079.78 E		0.00	
75.00	0.000	0.000	-695.33	75.00	11.42 N	21.06 W	9977490.97 N	354079.78 E	0.00	0.00	20in Casing
300.00	0.000	0.000	-470.33	300.00	11.42 N	21.06 W	9977490.97 N	354079.78 E	0.00	0.00	Kick-Off at 300.00ft
371.43	2.500	200.000	-398.92	371.41	9.95 N	21.60 W	9977490.52 N	354079.62 E	3.50	-0.21	Build Rate = 3.50°/100ft
400.00	3.500	200.000	-370.39	399.94	8.55 N	22.11 W	9977490.10 N	354079.46 E	3.50	-0.41	
442.86	5.000	200.000	-327.65	442.68	5.56 N	23.19 W	9977489.19 N	354079.13 E	3.50	-0.83	End of Build at 442.86ft
492.86	5.000	200.000	-277.84	492.49	1.47 N	24.68 W	9977487.94 N	354078.68 E	0.00	-1.41	Hold Angle at 5.000°
500.00	5.000	200.000	-270.73	499.60	0.88 N	24.90 W	9977487.76 N	354078.61 E	0.00	-1.49	
542.86	5.000	200.000	-228.03	542.30	2.63 S	26.17 W	9977486.69 N	354078.22 E	0.00	-1.99	Tied on at 542.86ft
Jenna-1/Ver 1.1											
600.00	4.765	220.058	-171.09	599.24	6.78 S	28.55 W	9977485.42 N	354077.50 E	3.00	-1.81	
700.00	5.726	251.668	-71.49	698.84	11.53 S	35.96 W	9977483.98 N	354075.24 E	3.00	2.54	
800.00	7.800	270.379	27.82	798.15	13.06 S	47.49 W	9977483.51 N	354071.73 E	3.00	12.04	
900.00	10.336	280.655	126.56	896.89	11.35 S	63.09 W	9977484.03 N	354066.97 E	3.00	26.66	
1000.00	13.069	286.801	224.48	994.81	6.42 S	82.74 W	9977485.53 N	354060.98 E	3.00	46.34	
1017.74	13.566	287.634	241.74	1012.07	5.21 S	86.64 W	9977485.90 N	354059.79 E	3.00	50.36	Curve Rate = 3.00°/100ft
1100.00	15.897	290.822	321.30	1091.63	1.71 N	106.37 W	9977488.01 N	354053.78 E	3.00	71.05	
1200.00	18.778	293.646	416.74	1187.07	13.04 N	133.92 W	9977491.46 N	354045.38 E	3.00	100.71	
1300.00	21.690	295.739	510.56	1280.89	27.52 N	165.32 W	9977495.88 N	354035.81 E	3.00	135.24	
1400.00	24.622	297.355	602.50	1372.83	45.13 N	200.47 W	9977501.24 N	354025.10 E	3.00	174.55	

Proposal Report for Jenna-1
Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1

Measured Depth (ft)	Incl.	Azim.	Sub-Sea Depth (ft)	Vertical Depth (ft)	Local Coordinates Northings (ft)	Local Coordinates Eastings (ft)	Global Coordinates Northings (m)	Global Coordinates Eastings (m)	Dogleg Rate (°/100ft)	Vertical Section	Comment
1492.62	27.350	298.560	685.75	1456.08	64.17 N	236.30 W	9977507.05 N	354014.17 E	3.00	215.13	Continue Build at 1492.62ft
1500.00	27.571	298.560	692.30	1462.63	65.79 N	239.29 W	9977507.54 N	354013.26 E	3.00	218.53	
1511.79	27.925	298.560	702.73	1473.06	68.42 N	244.11 W	9977508.34 N	354011.79 E	3.00	224.02	Build Rate = 3.00°/100ft
1530.95	28.500	298.560	719.62	1489.95	72.75 N	252.07 W	9977509.66 N	354009.37 E	3.00	233.08	End of Build at 1530.95ft
1600.00	28.500	298.560	780.30	1550.63	88.50 N	281.01 W	9977514.46 N	354000.55 E	0.00	266.02	
1700.00	28.500	298.560	868.18	1638.51	111.31 N	322.92 W	9977521.42 N	353987.78 E	0.00	313.73	
1800.00	28.500	298.560	956.06	1726.39	134.12 N	364.83 W	9977528.37 N	353975.00 E	0.00	361.44	
1900.00	28.500	298.560	1043.94	1814.27	156.94 N	406.74 W	9977535.32 N	353962.23 E	0.00	409.15	
2000.00	28.500	298.560	1131.82	1902.15	179.75 N	448.65 W	9977542.28 N	353949.45 E	0.00	456.86	
2100.00	28.500	298.560	1219.70	1990.03	202.56 N	490.56 W	9977549.23 N	353936.68 E	0.00	504.57	
2200.00	28.500	298.560	1307.59	2077.92	225.37 N	532.46 W	9977556.18 N	353923.90 E	0.00	552.28	
2300.00	28.500	298.560	1395.47	2165.80	248.18 N	574.37 W	9977563.14 N	353911.13 E	0.00	599.99	
2400.00	28.500	298.560	1483.35	2253.68	271.00 N	616.28 W	9977570.09 N	353898.36 E	0.00	647.70	
2500.00	28.500	298.560	1571.23	2341.56	293.81 N	658.19 W	9977577.04 N	353885.58 E	0.00	695.41	
2600.00	28.500	298.560	1659.11	2429.44	316.62 N	700.10 W	9977584.00 N	353872.81 E	0.00	743.12	
2700.00	28.500	298.560	1746.99	2517.32	339.43 N	742.01 W	9977590.95 N	353860.03 E	0.00	790.83	
2800.00	28.500	298.560	1834.88	2605.21	362.24 N	783.92 W	9977597.90 N	353847.26 E	0.00	838.54	
2900.00	28.500	298.560	1922.76	2693.09	385.05 N	825.83 W	9977604.85 N	353834.49 E	0.00	886.25	
3000.00	28.500	298.560	2010.64	2780.97	407.87 N	867.74 W	9977611.81 N	353821.71 E	0.00	933.96	
3100.00	28.500	298.560	2098.52	2868.85	430.68 N	909.65 W	9977618.76 N	353808.94 E	0.00	981.67	
3200.00	28.500	298.560	2186.40	2956.73	453.49 N	951.56 W	9977625.71 N	353796.16 E	0.00	1029.38	
3300.00	28.500	298.560	2274.28	3044.61	476.30 N	993.47 W	9977632.67 N	353783.39 E	0.00	1077.09	
3400.00	28.500	298.560	2362.17	3132.50	499.11 N	1035.38 W	9977639.62 N	353770.62 E	0.00	1124.80	
3457.06	28.500	298.560	2412.31	3182.64	512.13 N	1059.29 W	9977643.59 N	353763.33 E	0.00	1152.02	Hold Angle at 28.500°
3500.00	28.500	298.560	2450.05	3220.38	521.93 N	1077.29 W	9977646.57 N	353757.84 E	0.00	1172.51	
3600.00	28.500	298.560	2537.93	3308.26	544.74 N	1119.20 W	9977653.53 N	353745.07 E	0.00	1220.22	
3700.00	28.500	298.560	2625.81	3396.14	567.55 N	1161.11 W	9977660.48 N	353732.29 E	0.00	1267.93	
3800.00	28.500	298.560	2713.69	3484.02	590.36 N	1203.02 W	9977667.43 N	353719.52 E	0.00	1315.64	
3900.00	28.500	298.560	2801.58	3571.91	613.17 N	1244.93 W	9977674.39 N	353706.75 E	0.00	1363.35	
4000.00	28.500	298.560	2889.46	3659.79	635.99 N	1286.84 W	9977681.34 N	353693.97 E	0.00	1411.06	

Proposal Report for Jenna-1
Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1

Measured Depth (ft)	Incl.	Azim.	Sub-Sea Depth (ft)	Vertical Depth (ft)	Local Coordinates Northings (ft)	Local Coordinates Eastings (ft)	Global Coordinates Northings (m)	Global Coordinates Eastings (m)	Dogleg Rate (°/100ft)	Vertical Section	Comment
4100.00	28.500	298.560	2977.34	3747.67	658.80 N	1328.75 W	9977688.29 N	353681.20 E	0.00	1458.77	
4200.00	28.500	298.560	3065.22	3835.55	681.61 N	1370.66 W	9977695.24 N	353668.42 E	0.00	1506.48	
4300.00	28.500	298.560	3153.10	3923.43	704.42 N	1412.57 W	9977702.20 N	353655.65 E	0.00	1554.19	
4400.00	28.500	298.560	3240.98	4011.31	727.23 N	1454.48 W	9977709.15 N	353642.88 E	0.00	1601.90	
4500.00	28.500	298.560	3328.87	4099.20	750.05 N	1496.39 W	9977716.10 N	353630.10 E	0.00	1649.61	
4600.00	28.500	298.560	3416.75	4187.08	772.86 N	1538.30 W	9977723.06 N	353617.33 E	0.00	1697.32	
4700.00	28.500	298.560	3504.63	4274.96	795.67 N	1580.21 W	9977730.01 N	353604.55 E	0.00	1745.03	
4800.00	28.500	298.560	3592.51	4362.84	818.48 N	1622.12 W	9977736.96 N	353591.78 E	0.00	1792.74	
4900.00	28.500	298.560	3680.39	4450.72	841.29 N	1664.03 W	9977743.92 N	353579.00 E	0.00	1840.45	
5000.00	28.500	298.560	3768.27	4538.60	864.11 N	1705.94 W	9977750.87 N	353566.23 E	0.00	1888.16	
5100.00	28.500	298.560	3856.16	4626.49	886.92 N	1747.85 W	9977757.82 N	353553.46 E	0.00	1935.87	
5200.00	28.500	298.560	3944.04	4714.37	909.73 N	1789.75 W	9977764.78 N	353540.68 E	0.00	1983.58	
5240.92	28.500	298.560	3980.00	4750.33	919.06 N	1806.90 W	9977767.62 N	353535.46 E	0.00	2003.10	Orteguaza Sh
5300.00	28.500	298.560	4031.92	4802.25	932.54 N	1831.66 W	9977771.73 N	353527.91 E	0.00	2031.29	
5383.16	28.500	298.560	4105.00	4875.33	951.51 N	1866.52 W	9977777.51 N	353517.29 E	0.00	2070.96	Start Drop at 5383.16ft 10 3/4in Casing
5400.00	28.473	298.560	4119.80	4890.13	955.35 N	1873.57 W	9977778.68 N	353515.14 E	0.16	2079.00	
5440.03	28.408	298.560	4155.00	4925.33	964.47 N	1890.31 W	9977781.46 N	353510.03 E	0.16	2098.06	Orteguaza Sst
5500.00	28.311	298.559	4207.77	4978.10	978.08 N	1915.33 W	9977785.61 N	353502.41 E	0.16	2126.54	
5600.00	28.149	298.559	4295.88	5066.21	1000.70 N	1956.88 W	9977792.50 N	353489.74 E	0.16	2173.84	
5700.00	27.987	298.559	4384.12	5154.45	1023.19 N	1998.21 W	9977799.36 N	353477.15 E	0.16	2220.88	
5800.00	27.826	298.558	4472.49	5242.82	1045.57 N	2039.32 W	9977806.18 N	353464.62 E	0.16	2267.68	
5900.00	27.664	298.558	4560.99	5331.32	1067.82 N	2080.21 W	9977812.96 N	353452.15 E	0.16	2314.23	
6000.00	27.502	298.557	4649.63	5419.96	1089.96 N	2120.88 W	9977819.71 N	353439.76 E	0.16	2360.53	
6100.00	27.340	298.557	4738.39	5508.72	1111.97 N	2161.33 W	9977826.42 N	353427.43 E	0.16	2406.57	
6200.00	27.179	298.556	4827.29	5597.62	1133.86 N	2201.56 W	9977833.09 N	353415.17 E	0.16	2452.37	

Proposal Report for Jenna-1
Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1

Measured Depth (ft)	Incl.	Azim.	Sub-Sea Depth (ft)	Vertical Depth (ft)	Local Coordinates Northings (ft)	Local Coordinates Eastings (ft)	Global Coordinates Northings (m)	Global Coordinates Eastings (m)	Dogleg Rate (°/100ft)	Vertical Section	Comment
6265.97	27.072	298.556	4886.00	5656.33	1148.24 N	2227.98 W	9977837.47 N	353407.11 E	0.16	2482.44	Tiyuyacu Fm
6300.00	27.017	298.556	4916.31	5686.64	1155.64 N	2241.57 W	9977839.73 N	353402.97 E	0.16	2497.91	
6400.00	26.855	298.555	5005.46	5775.79	1177.29 N	2281.35 W	9977846.33 N	353390.84 E	0.16	2543.21	
6477.90	26.729	298.555	5075.00	5845.33	1194.08 N	2312.20 W	9977851.44 N	353381.44 E	0.16	2578.32	Upper Tiyuyacu Conglomerate
6500.00	26.693	298.555	5094.74	5865.07	1198.83 N	2320.92 W	9977852.89 N	353378.78 E	0.16	2588.25	
6545.05	26.620	298.555	5135.00	5905.33	1208.49 N	2338.68 W	9977855.84 N	353373.37 E	0.16	2608.46	Base Conglomerate
6600.00	26.532	298.554	5184.14	5954.47	1220.24 N	2360.27 W	9977859.42 N	353366.79 E	0.16	2633.04	
6700.00	26.370	298.554	5273.68	6044.01	1241.53 N	2399.39 W	9977865.91 N	353354.86 E	0.16	2677.58	
6800.00	26.208	298.553	5363.33	6133.66	1262.70 N	2438.30 W	9977872.36 N	353343.01 E	0.16	2721.86	
6900.00	26.046	298.553	5453.12	6223.45	1283.75 N	2476.98 W	9977878.78 N	353331.22 E	0.16	2765.89	
6964.47	25.942	298.553	5511.06	6281.39	1297.25 N	2501.79 W	9977882.89 N	353323.65 E	0.16	2794.14	Drop Rate = 0.16°/100ft
7000.00	25.884	298.552	5543.02	6313.35	1304.67 N	2515.43 W	9977885.15 N	353319.50 E	0.16	2809.67	
7100.00	25.723	298.552	5633.05	6403.38	1325.48 N	2553.67 W	9977891.50 N	353307.84 E	0.16	2853.19	
7200.00	25.561	298.551	5723.20	6493.53	1346.16 N	2591.68 W	9977897.80 N	353296.26 E	0.16	2896.46	
7300.00	25.399	298.551	5813.48	6583.81	1366.72 N	2629.47 W	9977904.07 N	353284.74 E	0.16	2939.48	
7400.00	25.237	298.550	5903.87	6674.20	1387.16 N	2667.03 W	9977910.30 N	353273.29 E	0.16	2982.24	
7500.00	25.076	298.550	5994.38	6764.71	1407.48 N	2704.37 W	9977916.49 N	353261.91 E	0.16	3024.74	
7599.98	24.914	298.549	6085.00	6855.33	1427.67 N	2741.48 W	9977922.64 N	353250.60 E	0.16	3066.98	Lower Tiyuyacu Conglomerate
7600.00	24.914	298.549	6085.02	6855.35	1427.67 N	2741.49 W	9977922.64 N	353250.59 E	0.16	3066.99	
7666.11	24.807	298.549	6145.00	6915.33	1440.95 N	2765.90 W	9977926.69 N	353243.15 E	0.16	3094.78	Base Conglomerate
7700.00	24.752	298.549	6175.77	6946.10	1447.74 N	2778.38 W	9977928.76 N	353239.35 E	0.16	3108.98	
7800.00	24.590	298.548	6266.64	7036.97	1467.69 N	2815.05 W	9977934.84 N	353228.17 E	0.16	3150.72	
7900.00	24.429	298.548	6357.63	7127.96	1487.51 N	2851.49 W	9977940.88 N	353217.07 E	0.16	3192.20	
8000.00	24.267	298.547	6448.74	7219.07	1507.22 N	2887.70 W	9977946.89 N	353206.03 E	0.16	3233.42	
8044.15	24.195	298.547	6489.00	7259.33	1515.88 N	2903.62 W	9977949.53 N	353201.18 E	0.16	3251.54	Tena Fm
8100.00	24.105	298.546	6539.96	7310.29	1526.79 N	2923.69 W	9977952.86 N	353195.06 E	0.16	3274.38	
8200.00	23.943	298.546	6631.30	7401.63	1546.25 N	2959.45 W	9977958.79 N	353184.16 E	0.16	3315.09	
8300.00	23.781	298.545	6722.75	7493.08	1565.58 N	2994.99 W	9977964.68 N	353173.33 E	0.16	3355.54	
8400.00	23.620	298.545	6814.32	7584.65	1584.79 N	3030.30 W	9977970.53 N	353162.56 E	0.16	3395.73	
8500.00	23.458	298.544	6906.00	7676.33	1603.87 N	3065.38 W	9977976.35 N	353151.87 E	0.16	3435.66	

Proposal Report for Jenna-1
Your Ref: Jenna-1/Ver 1.1

Measured Depth (ft)	Incl.	Azim.	Sub-Sea Depth (ft)	Vertical Depth (ft)	Local Coordinates Northings (ft)	Local Coordinates Eastings (ft)	Global Coordinates Northings (m)	Global Coordinates Eastings (m)	Dogleg Rate (°/100ft)	Vertical Section	Comment
8525.07	23.417	298.544	6929.00	7699.33	1608.64 N	3074.14 W	9977977.80 N	353149.20 E	0.16	3445.63	Basal Tena
8533.79	23.403	298.544	6937.00	7707.33	1610.29 N	3077.18 W	9977978.31 N	353148.27 E	0.16	3449.10	M-1 Zone
8545.77	23.384	298.544	6948.00	7718.33	1612.57 N	3081.36 W	9977979.00 N	353147.00 E	0.16	3453.86	End of Drop at 8545.77ft M-1 Sst Target - M1_Sst_F42, 100.00 Radius., Current Target
8571.92	23.384	298.544	6972.00	7742.33	1617.52 N	3090.48 W	9977980.51 N	353144.22 E	0.00	3464.23	Hold Angle at 23.384°
8598.07	23.384	298.544	6996.00	7766.33	1622.48 N	3099.60 W	9977982.02 N	353141.44 E	0.00	3474.61	M-1 Base
8600.00	23.384	298.544	6997.77	7768.10	1622.85 N	3100.27 W	9977982.13 N	353141.24 E	0.00	3475.37	
8700.00	23.384	298.544	7089.56	7859.89	1641.81 N	3135.14 W	9977987.91 N	353130.61 E	0.00	3515.06	
8748.07	23.384	298.544	7133.68	7904.01	1650.93 N	3151.89 W	9977990.69 N	353125.50 E	0.00	3534.13	Total Depth at 8748.07ft 7in Casing

All data is in Feet unless otherwise stated. Directions and coordinates are relative to Grid North.
Vertical depths are relative to Well. Northings and Eastings are relative to Structure.
Global Northings and Eastings are relative to La Conoa PSAD 1956, Zone 18 South (CM 285), Ecuador.

The Dogleg Severity is in Degrees per 100 feet.
Vertical Section is from Well and calculated along an Azimuth of 297.660° (Grid).

Coordinate System is La Conoa PSAD 1956, Zone 18 South (CM 285), Ecuador.
Grid Convergence at Surface is 0.005°. Magnetic Convergence at Surface is 2.896° (September-03)

Based upon Minimum Curvature type calculations, at a Measured Depth of 8748.07ft.,
The Bottom Hole Displacement is 3534.13ft., in the Direction of 297.640° (Grid).

MEDIDAS DE MALLAS

Aberturas de mallas (mm)	Micras	U.S. standard	Tyler standard
2.36	2360	No. 8	8 mesh
2.00	2000	No. 10	9 mesh
1.70	1700	No. 12	10 mesh
1.40	1400	No. 14	12 mesh
1.18	1180	No. 16	14 mesh
1.00	1000	No. 18	16 mesh
0.850	850	No. 20	20 mesh
0.710	710	No. 25	24 mesh
0.600	600	No. 30	28 mesh
0.500	500	No. 35	32 mesh
0.425	425	No. 40	35 mesh
0.355	355	No. 45	42 mesh
0.300	300	No. 50	48 mesh
0.250	250	No. 60	60 mesh
0.212	212	No. 70	65 mesh
0.180	180	No. 80	80 mesh
0.150	150	No. 100	100 mesh
0.125	125	No. 120	115 mesh
0.106	106	No. 140	150 mesh
0.090	90	No. 170	170 mesh
0.075	75	No. 200	200 mesh
0.063	63	No. 230	250 mesh
0.053	53	No. 270	270 mesh
0.045	45	No. 325	325 mesh
0.038	38	No. 400	400 mesh

DIFRACCION DE RAYOS X DE LAS FORMACIONES ORTEGUAZA, TIYUYACU Y TENA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

Resultados de Análisis

Solicitante : QMAX

No. Referencia : ST-2535

Fecha : 28 / 08 / 03

Muestras recibidas: Tres muestras sólidas

Resultados

La determinación de los minerales con cristalización definida presentes en las muestras se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa Diffrac plus para cualificación y cuantificación.

Mineral	Formula	Contenido de minerales muestra TENA (%)	Contenido de minerales muestra ORTEGUANZA (%)	Contenido de minerales muestra TIYUYACU (%)
Cuarzo	SiO_2	31.9	31.6	57.3
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	5.2	7.5	6.7
Muscovita	$(K_{0.82}Na_{0.18})(Fe_{0.03}Al_{0.97})(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$	29.2	36.8	8.9
Hematita	Fe_2O_3	1.6	----	----
Calcita	$CaCO_3$	---	5.6	----
Nontronita	$Na_{0.3}Fe_2Si_4O_{10}(OH)_2\ 4H_2O$	27.3	17.3	27.1
Pyrope	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	4.8	1.2	----

Nota: El límite de detección del equipo empleado es del 1% para minerales con cristalización definida. Se adjuntan las copias de los difractogramas obtenidos.

Atentamente,

Ing. Ernesto de la Torre Ch..
Jefe de Departamento

Ing. Alicia Guevara
Responsable

Pasaje Andalucia 134 E12A y Mena Caamaño – TeleFax (593-2) 2 236 562 – Casilla 17-01-2759
E-mail : edelator@interactive.net.ec - Quito-Ecuador

GLOSARIO

Absorción: Penetración de moléculas o iones de una o más sustancias en el interior de un sólido.

Acidez: Potencia ácida relativa de los líquidos, que se mide por medio del pH. Acidez implica un pH inferior a 7.0

Adhesión: Fuerza que mantiene juntas a moléculas diferentes.

Aditivos para lodos: Cualquier material que se añade a un lodo para lograr un propósito determinado.

Adsorción: Fenómeno de superficie exhibido por un sólido que le permite mantener o concentrar gases, líquidos o sustancias disueltas sobre su superficie; esta propiedad es debida a la adhesión.

Agente floculante: Sustancia, como la mayor parte de los electrolitos, polisacáridos, polímeros naturales o sintéticos, que causan aumento en la viscosidad de un lodo.

Agregación: Formación de agregados. En los lodos, la agregación se produce cuando se acumulan plaquetas de arcilla, una arriba de otra, cara a cara.

Alcalí: Cualquier compuesto que tenga marcadas propiedades básicas.

Alcalinidad: Poder de combinación de una base medido por el número máximo de equivalentes de un ácido con los que puede combinarse para formar una sal. En los análisis de agua, representa los carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos , y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos contenidos en el agua.

Análisis de lodo: Prueba que se realiza a un lodo para determinar sus propiedades y sus condiciones físico-químicas.

Anhidrita ($CaSO_4$): Frecuentemente encontrada durante la perforación. Puede aparecer en capas finas o formaciones masivas. Ver *Sulfato de Calcio.*

Anhidro: Sin agua.

Anión: Átomo o radical negativamente cargado en solución de un electrolito.

Antiespumante: Sustancia que se emplea para impedir la espuma mediante la disminución de la tensión superficial.

Anular: Espacio entre la columna de perforación y la pared del pozo revestimiento.

Arcilla: Una tierra plástica, blanda, de varios colores, comúnmente silicato hidratado de alúmina formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio. Los minerales arcillosos son generalmente insolubles en agua, pero se dispersan bajo hidratación, esfuerzos de corte como la molienda, los efectos de velocidad, etc. Formando partículas extremadamente pequeñas con tamaños comprendidos entre tamaños submicronicos y 100 micrones.

Arcilla atapulgita: Una arcilla coloidal viscosificante que se usa principalmente en lodos de agua salada. La atapulgita, una tierra de Fuller especial, es un Silicato de Aluminio de Magnesio hidratado.

Arcilla de alto rendimiento: Una clasificación atribuida a un grupo de preparaciones comerciales de arcilla de perforación que tienen un rendimiento de 35 – 50 bbl/tonelada y que constituyen un nivel intermedio entre la bentonita y las arcillas de bajo rendimiento. Las arcillas de perforación de alto rendimiento son generalmente preparadas mediante la peptizacion de arcillas de montmorillonita de calcio de bajo rendimiento, o en algunos casos mezclando bentonita con la arcilla peptizada de bajo rendimiento.

Arcilla peptizada: una arcilla a la cual se ha agregado un agente para aumente su rendimiento inicial. Por ejemplo, se suele agregar Carbonato de Sodio a la arcilla de montmorillonita de Calcio.

Arcillas de bajo rendimiento: Arcillas comerciales principalmente del tipo de montmorillonita de Calcio, que tienen un rendimiento de aproximadamente de 15 a 30 bbl/toneladas.

Arcillas naturales: Las arcillas naturales, a diferencia de las arcillas comerciales, son arcillas que son encontradas durante la perforación de varias formaciones. El rendimiento de estas arcillas varía considerablemente, y estas pueden o no ser incorporadas deliberadamente dentro del sistema de lodo.

Arcillas nativas: Son arcillas que se encuentran al perforar diversas formaciones.

Arena: Material granular suelto, resultante de la desintegración de las rocas. Está formado fundamentalmente por sílice.

Atapulgita: Arcilla coloidal compuesta por silicato hidratado de aluminio y magnesio utilizada en agua salada.

Barita: Sulfato de bario natural que se usa para aumentar la densidad de los lodos. El mineral se manifiesta en depósitos de color gris, blanco ,verdoso y/o rojizo, y en estructuras masivas de cristal.

Barril: Unidad volumétrica de medida empleada en la industria petrolera. Equivale a 42 galones.

Barril equivalente: Unidad de laboratorio empleada para la evaluación o pruebas del lodo. Un gramo de material, cuando se añade a 350 cc de lodo, equivale a la adición de una libra de material a un barril (42 galones) de lodo.

Base: Compuesto de un metal o un grupo metal-simil con hidrógeno y oxígeno en la proporción requerida para formar un radical OH- ,que se ioniza en soluciones acuosas produciendo un exceso de iones hidroxilos.

Bentonita: Arcilla plástica, coloidal, constituida principalmente por Montmorillonita sódica, que es un silicato de aluminio hidratado.

Bloqueo por agua: Reducción de la permeabilidad de la formación. En terminología de lodos, es un sinónimo de floculación.

Coalescencia: Combinación de glóbulos de una emulsión causada por la atracción molecular de las superficies.

Cohesión: Fuerza de atracción entre una misma clase de moléculas.

Coloide: Estado de subdivisión de la materia que consiste en grandes moléculas individuales o en agregados de moléculas más pequeñas, dispersadas en el grado que la fuerza de superficie se convierte en un factor importante para determinar sus propiedades. El tamaño de las partículas coloidales varían entre 0.001 a 0.005 micrones.

Contaminación: Presencia en un lodo de cualquier sustancia extraña que puede tender a producir efectos nocivos en sus propiedades.

Descomposición térmica: Descomposición química de un compuesto por la temperatura en sustancias más simples o en sus elementos constitutivos.

Defloculación: debido a la invasión de agua en los poros. La disminución en permeabilidad puede tener su origen en el hinchamiento de las arcillas o en algunos casos por el bloqueo capilar debido a fenómenos de tensión superficial.

Catión: Partícula positivamente cargada en la solución de un electrolito que bajo la influencia de un potencial eléctrico, se moviliza hacia el cátodo (electrodo negativo).

Cemento: Mezcla de aluminatos y silicatos de calcio que se produce combinando cal y arcilla, con calor. Contiene aproximadamente 62.5 % de hidróxido de calcio, el cual

es la fuente más importante de dificultades cuando el lodo es contaminado por cemento.

Coagulación: Destrucción de las estructuras gelificadas (floculadas) por medio de dispersante.

Deshidratación: Acción de perder un compuesto el agua libre que contiene o el agua de mezcla.

Difraccion de rayos X: Una método analítico en el que se usan rayos X para determinar la composición de las sustancias cristalino. En nuestra industria, este método constituye uno de los pilares para determinar los porcentajes de composición de la salmuera y los sólidos de la formación.

Dispersante: Toda sustancia química que promueve la dispersión de la fase dispersa.

Dispersión (de agregados): Subdivisión de agregados. La dispersión aumenta la superficie especifica de la partícula, resultando en un aumento de la viscosidad y del esfuerzo de gel.

Dureza del agua: Dícese del contenido de calcio y magnesio en el agua.

Electrolito: Sustancia que se disocia en iones cargados, positivos y negativos, cuando está en solución y que conduce una corriente eléctrica

Esfuerzo de gel: La capacidad o medida de la capacidad un coloide para formar geles. El esfuerzo de gel es una unidad de presión reportada generalmente en lb/100 pies2. Constituye una medida de las mismas fuerzas entre partículas de un fluido que las que son determinadas por el punto cendente, excepto que el esfuerzo de gel se mide bajo condiciones estáticas, mientras que el punto cendente se mide en condiciones dinámicas. Las medidas comunes de esfuerzo de gel son los geles inicial y los geles a 10 minutos.

Filtrado: Líquido forzado a través de un medio poroso durante el proceso de filtración.

Floculación: Asociación de partículas sin gran cohesión, en grupos ligeramente unidos por fuerzas electrolíticas en geometría perpendicular de las partículas.

Gelación: Asociación de partículas para formar una estructura continua.

Gumbo: Cualquier formación de consistencia pegajosa, como las arcillas encontradas en la perforación de sedimentos marinos.

Hidratación: Acto por el cual una sustancia admite agua por medio de absorción y / o adsorción.

Hidrólisis: Reacción de una sal con agua para formar un ácido y una base.

Hidróxido: Compuestos básicos que contienen el radical OH-.

Humectación: Adhesión de un líquido a la superficie de un sólido.

Lutitas: Arcilla de origen rocoso, finamente granular, con clivaje tipo pizarra, que es una sustancia orgánica parecida al petróleo.

Micrón: Unidad de longitud igual a la millonésima parte de un metro.

Molécula: Unión de dos o más átomos.
Permeabilidad: Propiedad de los materiales a ser atravesados por fluidos.

pH: Abreviatura de ion Hidrogeno potencial. Los números de pH varían de 0 a 14. 7 siendo neutro, y constituyen índices de la acidez (menos de 7) o alcalinidad (mas de 7) del fluido.

Polímero: Sustancia formada por la unión de dos o más moléculas iguales, unidas extremo con extremo, dando por resultado una sustancia que posee los mismos

elementos en la misma proporción que las moléculas originales, pero de mayor peso molecular y con diferentes propiedades físicas.

Porosidad: Espacio vació en una roca de formación, que usualmente se expresa como el porcentaje de espacio vació por el volumen total.

Porosidad efectiva: Cantidad de espacios porales interconectados entre si.

Potasio: Uno de los elementos de metal alcalino con una valencia de 1 y un peso atómico de aproximadamente 39. Los compuestos de Potasio, generalmente el (KOH), a veces son agregados a los fluidos de perforación para conferir propiedades especiales, generalmente la inhibición.

Programa de lodo: Un plan o procedimiento propuesto o aplicado para el (los) tipo (s) y las propiedades del (de los) fluido(s) de perforación usado(s) en la perforación de un pozo, respecto a la profundidad. Algunos factores que influyen en el programa de lodo son el programa de tubería de revestimiento y las características de la formación como el tipo, la competencia, la solubilidad, la temperatura, la presión, etc.

Punto cedente: En la terminología de los fluidos de perforación, el punto cendente significa el valor de cedencia. De los dos términos, punto cendente es la expresión más usada.

Puente: Una obstrucción en un pozo formada por la intrusión de las formaciones subsuperficiales.

Reología: Ciencia que se ocupa de la deformación y el flujo de fluidos.

Revoque: Material sólido depositado sobre la pared del pozo.

Soda caustica: Se utiliza para el control de pH en fluidos de perforación a base agua. De esta forma se obtiene el ambiente alcalino necesario para la dispersión de las arcillas y la completa disociación iónica de los dispersantes y algunos polímeros. Al mantener

un alto pH se ayuda a controlar la corrosión y reduce la contaminación por calcio y magnesio al precipitarlos de la solución.

Sulfato de Calcio: Ocurre en lodos como anhidrita contaminante o puede ser anadido a ciertos lodos (como el yeso) para conferir propiedades especiales.

Titulación: Método para la determinación de la cantidad de alguna sustancia en una solución; para ello se emplea un procedimiento basado en el uso de otra solución llamada solución estándar.

Tixotropía: Capacidad de un fluido para desarrollar resistencia de gel con el tiempo. Cualidad de una suspensión coloidal de desarrollar una fuerza gelificante cuando se encuentra en reposo, pero que se convierte nuevamente en fluido por agitación mecánica.

Valor de cedencia: El valor de cedencia (comúnmente llamado "Punto Cedente") es la resistencia al flujo inicial o representa el esfuerzo requerido para iniciar el movimiento del fluido. Esta resistencia se debe a las cargas eléctricas ubicadas en o cerca de las superficies de las partículas. Los valores del punto cedente y de la tixotropía, respectivamente, son medidas de las mismas propiedades del fluido bajo condiciones dinámicas y estáticas. El valor de cedencia Bingham, reportado en lb/100 $pies^2$, es determinado por el viscosimetro de indicación directa, restando la viscosidad plástica de la indicación tomada a 300 RPM.

Viscosidad: Resistencia interna al flujo ofrecido por un fluido debido a atracciones entre moléculas.

Viscosidad plástica: La viscosidad plástica es un a medida de resistencia interna al flujo de fluido, atribuible a la cantidad, tipo y tamaño de los sólidos presentes en un fluido determinado. Se expresa como numero de dinas por centímetro cuadrado de esfuerzo de corte tangencial en exceso del valor de cedencia de Bingham que provocara una cantidad unitaria de corte. Este valor, expresado en centipoise, es proporcional a la pendiente de la curva de consistencia determinada en la región de flujo laminar.

Zaranda: Cualquiera de varios dispositivos mecánicos que utilizan mallas para eliminar los recortes y otros sólidos grandes del lodo.